



KERJA PRAKTEK - RC18--4802

**LAPORAN TUGAS PENGANTI KERJA PRAKTEK  
TUTORIAL PEMODELAN GEDUNG PERKANTORAN 10 LANTAI  
BAJA STRUKTURALDENGAN MENGGUNAKAN SISTEM  
*ECCENTRICALLY BRACED FRAMES* (EBF)**

MICHAEL ANTHONY VANSSEN  
JEFFREY ADI DHARMAWAN

03111740000039  
03111740000047

Dosen Pembimbing  
Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2020

**LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
TUTORIAL PEMODELAN GEDUNG PERKANTORAN 10 LANTAI  
BAJA STRUKTURAL DENGAN SISTEM ECCENTRICALLY  
BRACED FRAMES (EBF)**

MICHAEL ANTHONY VANSSEN  
JEFFREY ADI DHARMAWAN

NRP. 03111740000039  
NRP. 03111740000047

Surabaya, Desember 2020  
Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197301281998021002

Mengetahui,  
Sekretaris Departemen I  
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan  
Departemen Teknik Sipil FTSPK – ITS



Data Pranata, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 198004302005011002



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Pengganti Kerja Praktek dengan judul “**Tutorial Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural dengan Menggunakan Sistem *Eccentrically Braced Frames (EBF)***” tepat pada waktunya.

Dalam penyelesaian Tugas Pengganti ini, penulis tentunya mengalami kendala, namun tentu saja penulis juga mendapat banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen asistensi tugas pengganti ini yang selalu memberikan bimbingan, masukan, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Pengganti ini.
2. Departemen Teknik Sipil, selaku pihak yang memberikan kesempatan penulis untuk memenuhi mata kuliah “Kerja Praktek” dengan mengadakan solusi Tugas Pengganti dimasa pandemi Covid-19.
3. Teman-teman Departemen Teknik Sipil S1 ITS yang telah membantu mengedukasi dan menyelesaikan problematika dalam penyusunan Tugas Pengganti ini.

Akhir kata, terdapat peribahasa “*Tiada gading yang tak retak*”. Penulis sadar bahwa segala sesuatu yang terdapat didalam laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis ingin meminta maaf apabila ada kesalahan atau kurangnya informasi yang terdapat didalam laporan ini.

Surabaya, 8 Desember 2020

Penulis



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Peserta Tugas Pengganti Kerja Praktek .....	2
1.6 Waktu dan Tempat .....	3
1.7 Metode Pelaksanaan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Umum .....	4
2.2 Baja Struktural .....	4
2.2.1 Umum.....	4
2.2.2 Sifat Utama Baja .....	5
2.2.3 Balok .....	6
2.2.4 Kolom.....	6
2.2.5 Plat Lantai .....	7
2.3 Sistem Eccentrically Braced Frames .....	7
2.3.1 Umum.....	7
2.3.2 Elemen Link .....	9
BAB III METODOLOGI .....	13
3.1 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Pengganti .....	13
3.2 Data Pemodelan .....	13
3.3 Studi Literatur .....	14
3.4 Preliminary Design .....	14
3.4.1 Preliminary Design Struktur Sekunder .....	14
3.4.2 Preliminary Design Struktur Utama.....	15
3.5 Pembebanan Struktur .....	15
3.5.1 Beban Mati .....	15





3.5.2 Beban Hidup.....	16
3.5.3 Beban Gempa .....	16
3.5.4 Kombinasi Pembebanan.....	25
3.6 Kontrol Struktur Sekunder.....	25
3.6.1 Kontrol Balok Anak .....	25
3.7 Kontrol Struktur Primer .....	28
3.7.1 Kontrol Balok Induk .....	28
3.7.2 Kontrol Kolom .....	31
3.7.3 Perencanaan dan Kontrol <i>Eccentrically Braced Frames</i> .....	36
BAB IV TUTORIAL PEMODELAN STRUKTUR.....	42
4.1 Pendahuluan.....	42
4.1.1 Setting Project dan Grid Lines .....	42
4.1.2 Material .....	43
4.1.3 Frame & Slab Sections.....	44
4.2 Pemodelan Struktur.....	46
4.2.1 Insertion Point .....	47
4.2.2 End Length Offsets .....	49
4.2.3 Joint Restraints .....	50
4.2.4 Panel Zone.....	50
4.2.5 Releases/Partial Fixity.....	51
4.2.6 Edge Constrains .....	51
4.3 Input Beban.....	52
4.3.1 Mass Source .....	52
4.3.2 Load Patterns.....	52
4.3.3 Load Cases dan Load Combinations.....	53
4.4 Analisa Pemodelan .....	55
4.4.1 Lateral Bracing.....	55
4.4.2 Set Load Case to Run .....	56
4.4.3 Moment Results .....	56
4.4.4 Check Steel Sections .....	57
BAB V PEMODELAN DAN ANALISA STRUKTUR.....	61
5.1 Pemodelan Struktur.....	61
5.1.1 Pemodelan Struktur Primer .....	62
5.1.2 Pemodelan Struktur Sekunder.....	63
5.1.3 Pemodelan Bracing .....	63



---

5.1.4 Pemodelan Link .....	64
5.2 Pembebanan Struktur .....	64
5.3 Respon Spektrum .....	65
5.4 Kombinasi Pembebanan Struktur .....	68
5.5 Analisa Struktur .....	69
5.5.1 Kontrol Pembebanan Struktur .....	69
5.5.2 Kontrol Kapasitas Elemen Struktur .....	69
5.5.3 Kontrol Partisipasi Massa .....	73
5.5.4 Periode Getar Alami Struktur.....	73
5.5.5 Kontrol Gaya Geser Seismik.....	74
5.5.6 Kontrol <i>Story Drift</i> .....	75
5.6 Kontrol Elemen Struktur.....	76
5.6.1 Kontrol Link .....	76
5.6.2 Kontrol Bracing .....	79
5.6.3 Kontrol Balok Anak .....	81
5.6.4 Kontrol Balok Induk.....	83
5.6.5 Kontrol Kolom.....	85
BAB VI PENUTUP.....	90
6.1 Kesimpulan .....	90
6.2 Saran .....	91
LAMPIRAN .....	92



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Beban mati pada perencanaan gedung.....	15
<b>Tabel 3.2</b> Beban hidup pada perkantoran .....	16
<b>Tabel 3.3</b> Kategori risiko gedung dan nongedung untuk beban gempa.....	17
<b>Tabel 3.4</b> Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$ .....	18
<b>Tabel 3.5</b> Klasifikasi Situs .....	18
<b>Tabel 3.6</b> Koefisien situs $F_a$ .....	20
<b>Tabel 3.7</b> Koefisien situs, $F_v$ .....	21
<b>Tabel 3.8</b> Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	21
<b>Tabel 3.9</b> Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik .....	21
<b>Tabel 3.10</b> Nilai parameter periode pendekatan $C_t$ dan $x$ .....	24
<b>Tabel 5.1</b> Profil Struktur Primer .....	63
<b>Tabel 5.2</b> Profil Struktur Sekunder .....	63
<b>Tabel 5.3</b> Dimensi Pelat.....	63
<b>Tabel 5.4</b> Dimensi Pelat.....	64
<b>Tabel 5.5</b> Profil <i>Link</i> .....	64
<b>Tabel 5.6</b> Beban Gravitasi.....	64
<b>Tabel 5.7</b> Berat Profil.....	65
<b>Tabel 5.8</b> Rekapitulasi Pembebanan Struktur.....	65
<b>Tabel 5.9</b> Nilai $T$ terhadap $S_a$ .....	68
<b>Tabel 5.10</b> Perhitungan Manual Berat Struktur vs ETABS.....	69
<b>Tabel 5.11</b> <i>Modal Participation Ratio</i> .....	73
<b>Tabel 5.12</b> <i>Modal Period &amp; Frequencies</i> .....	73
<b>Tabel 5.13</b> Base Reactions.....	74
<b>Tabel 5.14</b> Kontrol Simpangan Antar Tingkat Gempa Arah X (EX).....	76
<b>Tabel 5.15</b> Kontrol Simpangan Antar Tingkat Gempa Arah Y (EY).....	76



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Balok komposit dengan penghubung geser (dengan <i>Deck</i> ) .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Profil Kingcross ( <i>Cruciform</i> ) .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Plat lantai dengan sistem <i>Deck</i> .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Perbedaan perilaku tiga model sistem rangka baja .....	8
<b>Gambar 2.5</b> Tipe bresing <i>Link</i> pada EBF .....	9
<b>Gambar 2.6</b> Distribusi gaya pada <i>Link</i> .....	10
<b>Gambar 2.7</b> Gaya yang bekerja pada <i>Link</i> .....	10
<b>Gambar 2.8</b> Jenis <i>Link</i> berdasarkan panjangnya .....	11
<b>Gambar 2.9</b> Besar sudut rotasi pada <i>Link</i> .....	12
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alur penyelesaian tugas pengganti .....	13
<b>Gambar 3.2</b> Parameter $S_s$ .....	19
<b>Gambar 3.3</b> Parameter $S_1$ .....	19
<b>Gambar 3.4</b> Spektrum Respon Desain Kota Madiun .....	20
<b>Gambar 3.5</b> Distribusi $T_L$ .....	22
<b>Gambar 4.1</b> Pengaturan satuan pada ETABS .....	42
<b>Gambar 4.2</b> Pengaturan Grid Lines pada ETABS .....	43
<b>Gambar 4.3</b> Pengaturan material baja pada ETABS .....	43
<b>Gambar 4.4</b> Pengaturan material beton pada ETABS .....	44
<b>Gambar 4.5</b> <i>Frame section properties</i> .....	44
<b>Gambar 4.6</b> <i>Section Designer</i> untuk <i>Cruciform</i> .....	45
<b>Gambar 4.7</b> <i>Frame Properties</i> .....	46
<b>Gambar 4.8</b> <i>Slab Properties</i> .....	46
<b>Gambar 4.9</b> Tampilan pemodelan gedung pada ETABS .....	47
<b>Gambar 4.10</b> <i>Insertion point</i> .....	47
<b>Gambar 4.11</b> <i>Insertion point</i> pada pelat dan balok .....	48
<b>Gambar 4.12</b> <i>End length offsets</i> .....	49
<b>Gambar 4.13</b> Pengaturan <i>End Length Offsets</i> .....	49
<b>Gambar 4.14</b> Pengaturan perletakan pada ETABS .....	50
<b>Gambar 4.15</b> <i>Panel zone</i> pada ETABS .....	50
<b>Gambar 4.16</b> <i>Releases/Partial Fixity</i> .....	51
<b>Gambar 4.17</b> <i>Auto Edge Constrains</i> .....	52
<b>Gambar 4.18</b> <i>Mass Source</i> .....	52
<b>Gambar 4.19</b> Tampilan menu <i>Load Pattern</i> pada ETABS .....	53
<b>Gambar 4.20</b> <i>Modify Lateral</i> data gempa pada ETABS .....	53
<b>Gambar 4.21</b> Tampilan menu <i>Load Case</i> pada ETABS .....	54
<b>Gambar 4.22</b> <i>Set Load Case</i> untuk gempa .....	54
<b>Gambar 4.23</b> Tampilan menu <i>Load Combinations</i> pada ETABS .....	54
<b>Gambar 4.24</b> Contoh <i>output</i> pembebanan pada pelat dan balok .....	55
<b>Gambar 4.25</b> <i>Lateral Bracing</i> .....	56
<b>Gambar 4.26</b> <i>Set Load Case to Run</i> .....	56
<b>Gambar 4.27</b> <i>Moment Diagram</i> pada potongan bresing .....	57



---

<b>Gambar 4.28</b>	<i>View Revise/Preferences</i> .....	57
<b>Gambar 4.29</b>	<i>Design Load Combinations Sections</i> .....	58
<b>Gambar 4.30</b>	Hasil dari <i>check steel sections</i> .....	58
<b>Gambar 4.31</b>	<i>stress/capacity check</i> .....	59
<b>Gambar 4.32</b>	P-M Ratio Balok .....	59
<b>Gambar 4.33</b>	P-M Ratio Kolom dan Bresing.....	60
<b>Gambar 5.1</b>	Tampak Depan Pemodelan Gedung.....	61
<b>Gambar 5.2</b>	Tampak Samping Pemodelan Gedung.....	62
<b>Gambar 5.3</b>	Grafik Respons Spektrum (SNI 1726:2019).....	66
<b>Gambar 5.4</b>	Grafik Respons Spektrum Kota Madiun.....	68
<b>Gambar 5.5</b>	<i>Output check steel sections</i> pada: (a) 3D (b) (c) YZ Plane.....	70
<b>Gambar 5.6</b>	<i>Output check steel sections</i> pada XZ Plane.....	71
<b>Gambar 5.7</b>	<i>Output check steel sections</i> pada XY Plane .....	72
<b>Gambar 5.8</b>	<i>View All Member Passed Stress/Capacity Check</i> .....	72



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ilmu ketekniksipil merupakan cabang ilmu teknik yang mempelajari tentang perencanaan, pembangunan, dan pemeliharaan bangunan serta infrastruktur. Teknik sipil berkembang memberi dukungan penting di sektor publik dan swasta. Mahasiswa Teknik Sipil harus memiliki keahlian untuk mengetahui bagaimana proses bekerja dalam proyek, mulai dari perencanaan awal, proses pembuatan jadwal, merencanakan struktur bangunan, metode konstruksi, hingga analisis keuangan.

Untuk menjadi seorang insinyur sipil atau ahli dalam bidang konstruksi dapat ditempuh melalui perkuliahan dalam perguruan tinggi. Dalam perkuliahan, sebagian besar hanya membahas pada sebuah teori dan perhitungan saja, sedangkan penerapan di lapangan tentunya akan menemui hal – hal yang tidak atau belum didapatkan saat perkuliahan di dalam kelas. Oleh karena itu, diperlukan suatu kegiatan di lapangan dalam perkuliahan yang dituangkan dalam bentuk “Kerja Praktek”.

Kerja praktek adalah salah satu mata kuliah wajib yang harus diambil oleh mahasiswa teknik sipil. Dalam kerja praktek ini mahasiswa teknik sipil akan diberikan kesempatan untuk belajar dengan terjun langsung ke lapangan. Sebagai seorang *Civil Engineer*, maka kerja praktek yang dilakukan yaitu dengan mengamati sekaligus mengetahui aplikasi dan teori yang sudah diajarkan didalam bangku perkuliahan dengan dunia konstruksi yang ada dilapangan dengan harapan permasalahan yang terjadi di lapangan akan membantu menambah pengetahuan dan pengalaman mahasiswa. Kerja praktek berlangsung selama kurang lebih 2 (dua) bulan.

Namun, dimasa pandemi ini, terdapat opsi bagi yang sekiranya mendapat halangan dalam menempuh kegiatan kerja praktek dilapangan yang dialihfungsikan menjadi “Tugas Pengganti Kerja Praktek”. Dalam hal ini, kami memilih untuk mengambil tugas pengganti kerja praktek sebagai opsi atas masalah tersebut, dengan judul “Tutorial Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural Dengan Menggunakan Sistem *Eccentrically Braced Frames*”.



## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam tugas pengganti kerja praktek “Tutorial Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural Dengan Menggunakan Sistem *Eccentrically Braced Frames*” adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memodelkan gedung 10 lantai baja struktural dengan sistem EBF?
2. Bagaimana membuat tutorial pemodelan gedung 10 lantai tersebut?
3. Analisa apa saja yang dilakukan dalam pemodelan gedung 10 lantai tersebut?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dalam tugas pengganti kerja praktek adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara memodelkan gedung 10 lantai baja struktural dengan sistem EBF.
2. Mengetahui cara membuat tutorial pemodelan gedung 10 lantai tersebut.
3. Mengetahui dan memahami analisa apa saja yang dilakukan dalam pemodelan gedung 10 lantai tersebut.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas pengganti kerja praktek adalah sebagai berikut:

1. Elemen struktur terdiri atas pelat lantai, balok, kolom, tangga, dan sistem pengaku (*bresing*) beserta *link*.
2. Tidak mendesain struktur sekunder, seperti penulangan pelat, dan tangga, kecuali balok anak.
3. Tidak merencanakan bangunan dari segi utilitas, arsitektural, mekanikal, elektrik, dan sanitasi.

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat dalam tugas pengganti kerja praktek ini adalah mahasiswa mendapatkan ilmu dan dapat berpikir kritis dalam merencanakan pemodelan struktural yang diharapkan dapat menunjang pengalaman saat berada di lapangan.

## 1.6 Peserta Tugas Pengganti Kerja Praktek

Mahasiswa yang melaksanakan kerja praktek pada tugas pengganti yaitu :

1. Michael Anthony Vansen (03111740000039)
2. Jeffrey Adi Dharmawan (03111740000047)



## 1.7 Waktu dan Tempat

Adapun alokasi waktu dan tempat yang telah ditetapkan sebagai berikut :

1. Waktu : 11 Agustus 2020 – Desember 2020
2. Tempat : Madiun, Jalan Panglima Sudirman No. 33,  
Kejuron, Kec. Taman, Kota Madiun, Jawa  
Timur 63132

## 1.8 Metode Pelaksanaan

Tugas pengganti kerja praktek yang dilaksanakan menyesuaikan waktu pada kerja praktek pada umumnya yang memiliki durasi selama 2 bulan.

Adapun metodologi yang dipakai dalam tugas pengganti kerja praktek ini adalah sebagai berikut:

- Studi Literatur  
Studi literatur adalah mempelajari buku – buku atau literatur – literatur untuk mempelajari teori yang telah diperoleh dalam perkuliahan untuk diterapkan dalam pemodelan yang akan direncanakan disertai dengan referensi untuk pemodelan.
- Asistensi  
Asistensi dilakukan kepada dosen pembimbing tugas pengganti kerja praktek Departemen Teknik Sipil dengan menggunakan platform online (daring). Asistensi dilakukan untuk membantu memecahkan permasalahan yang terdapat dalam penyusunan laporan tugas pengganti kerja praktek.
- Penulisan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktek  
Penyusunan laporan ini dibuat berdasarkan hasil dari pemodelan struktur dan analisa, serta tutorial. Laporan ini yang nantinya akan dikonsultasikan, diasistensikan, dan disetujui oleh dosen pembimbing Departemen Teknik Sipil ITS.





## BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Pada tugas pengganti kerja praktek ini direncanakan pemodelan gedung perkantoran 10 lantai dengan menggunakan baja struktural dikarenakan baja mempunyai sifat elastisitas yang tinggi. Selain itu, baja memiliki kekuatan yang tinggi dan merata. Dan juga, baja memiliki daktilitas yang tinggi sehingga mampu mengalami deformasi yang lebih besar.

Dalam pemodelan, pemilihan profil yang tepat untuk menunjang kekuatan serta ketahanan struktur, khususnya pada struktur bangunan tinggi. Pemilihan profil *King-Cross* ditujukan untuk kolom. Pemilihan profil WF ditujukan untuk balok induk, balok anak, balok lift, balok bordes, balok tangga, *link*, dan *bracing*. Dan juga, penggunaan bondek pada plat lantai

Untuk menahan beban gempa, pemodelan ini menerapkan sistem pengaku *Eccentrically Braced Frames* (EBF) tipe *Inverted-V Braced*. Konfigurasi *Inverted-V Braced* mempunyai keuntungan karena bentuknya yang simetris dan letak *link* yang tidak langsung terhubung oleh kolom sehingga terhindar dari masalah *full moment connection* pada kolom. (Sendi plastis tidak terjadi di dekat kolom).

### 2.2 Baja Struktural

#### 2.2.1 Umum

Baja struktural merupakan kategori dalam baja yang digunakan untuk membuat material konstruksi yang terdiri dari berbagai profil, seperti *I-Beam*, *HSS*, *Angle*, *C-Beam*, *T-shaped*, dan lain-lain. Alasan pemodelan ini menggunakan sistem baja struktural karena memiliki kekuatan per volume yang tinggi sehingga struktur baja memiliki beban mati yang kecil. Tentunya hal ini dapat memberikan kelebihan ruangan dan volume yang tentunya dapat dimanfaatkan akibat langsingnya profil yang dipakai. Selain itu juga, pemilihan baja sebagai struktur utama dapat memberikan kemudahan berkat sifatnya yang homogen (seragam) dikarenakan profil dipersiapkan di workshop. Pengujian profil berlangsung di workshop sehingga memberikan kelebihan juga dalam pemasangan komponen profil.



Baja juga memiliki daktilitas yang tinggi sehingga dapat mengalami deformasi yang besar dibawah pengaruh tegangan tarik yang tinggi tanpa hancur atau putus. Kelebihan dari daktilitas yang tinggi ini dapat membuat baja struktural mampu mencegah terjadi keruntuhan bangunan secara tiba-tiba.

### 2.2.2 Sifat Utama Baja

Baja struktural juga harus memiliki sifat-sifat utama guna memberikan kekuatan untuk melayani beban dan aksi lain yang timbul pada suatu struktur. Sifat-sifat utama baja terdiri dari :

1. Keteguhan (*solidity*)

Adalah batas dari tegangan-tegangan didalam, dimana perpatahan mulai berlangsung. Hal ini berarti daya lawan baja terhadap tarikan, tekanan, dan lentur.

2. Elastisitas (*Elasticity*)

Adalah kesanggupan untuk berubah bentuk dalam batas-batas pembebanan tertentu dan apabila pembebanan ditiadakan, akan kembali ke bentuk semula.

3. Kekenyalan (*Tenacity*)

Adalah kemampuan baja untuk menyerap energi mekanis atau kesanggupan untuk menerima perubahan-perubahan bentuk yang besar tanpa mengalami kerugian yang berarti (seperti cacat atau kerusakan) yang terlihat dari luar dan dalam jangka pendek sebelum patah, masih bisa berubah bentuknya.

4. Kemungkinan ditempa (*Malleability*)

Saat baja dipanaskan (terutama dalam kondisi merah pijar), baja menjadi lembek dan plastis tanpa mempengaruhi sifat-sifat baja sehingga dapat diubah bentuknya dengan baik. Hal ini memungkinkan baja memiliki banyak bentuk profil seperti yang disebutkan diatas.

5. Kemungkinan di las (*Weldability*)

Adalah sifat baja yang jika dipanaskan dapat digabungkan antar komponen (dalam hal ini, profil) dengan memakai atau tidak memakai bahan tambahan, tanpa mempengaruhi sifat-sifat baja.

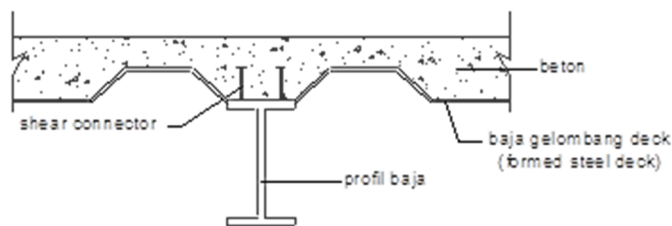
6. Kekerasan (*Hardness*)

Adalah kekuatan terhadap masuknya benda lain kedalamnya (penetrasi).



### 2.2.3 Balok

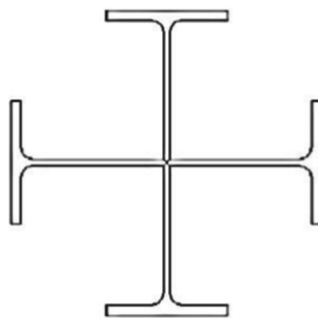
Dalam pemodelan ini, kami menggunakan sistem balok komposit dengan penghubung geser (*shear connector*) dan menggunakan plat bondek (*deck*). Pada balok komposit dengan penghubung geser, aksi komposit diperoleh dari mekanisme *interlocking* antara penghubung geser mekanis dan plat beton. Penghubung geser (*shear connector*) berfungsi untuk menahan gaya geser horizontal yang terjadi selama pembebanan. Penghubung geser (*shear connector*) harus cukup kaku sehingga dapat menahan gaya geser yang terjadi pada bidang pertemuan antara beton dan balok baja supaya mendapatkan penampangan yang sepenuhnya komposit.



**Gambar 2.1** Balok komposit dengan penghubung geser (dengan *Deck*)

### 2.2.4 Kolom

Kolom adalah bagian dari struktur bangunan yang berfungsi menyalurkan beban di atasnya menuju ke konstruksi pondasi bangunan. Dalam *preliminary design*, gaya – gaya dalam yang bekerja pada kolom adalah gaya aksial ( $P$ ) dan gaya momen ( $M_2$  dan  $M_3$ ). Untuk kolom, kami menggunakan profil *king-cross* sebagai pilihan. Profil *king-cross* bertujuan untuk memberi kekuatan aksial yang tinggi pada arah X dan arah Y. Selain itu juga, profil *King-Cross* adalah salah satu pilihan profil yang paling baik digunakan untuk struktur kolom bangunan bertingkat tinggi (contoh lain adalah *concrete-filled tube*, CFT).

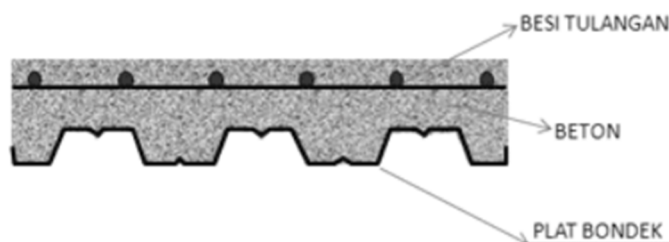


**Gambar 2.2** Profil Kingcross (*Cruciform*)



### 2.2.5 Plat Lantai

Plat lantai merupakan lantai yang terletak di tingkat dua, tiga, dan seterusnya. Plat lantai dalam konstruksi bangunan bukanlah plat yang berada diatas permukaan tanah secara langsung. Dalam pembuatannya, plat dibingkai oleh balok dan kemudian ditopang oleh kolom – kolom bangunan. Dalam pemodelan ini, kami menggunakan plat bondek dalam pengaplikasiannya. Penggunaan plat bondek (*deck*) bertujuan untuk pengganti bekisting kayu (triplek). Bondek juga didesain untuk mengurangi dimensi tulangan dan mengonversikan ketebalan cor beton. Sistem tekuk (gelombang plat) pada bondek didesain untuk membantu kekuatan struktur beton cor plat lantai.



**Gambar 2.3** Plat lantai dengan sistem *Deck*

## 2.3 Sistem Eccentrically Braced Frames

### 2.3.1 Umum

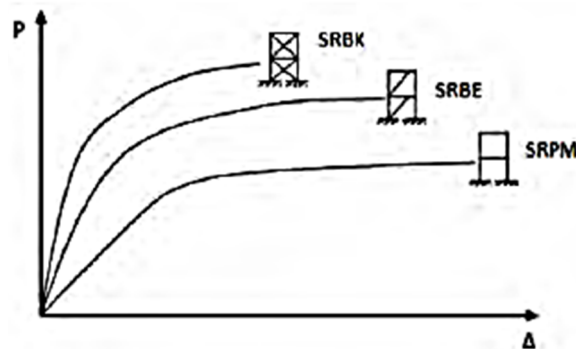
Dari hasil-hasil riset yang pernah dilakukan, Dalam kaitannya dengan permasalahan kegempaan, menurut Engelhardt (2007) terdapat beberapa sistem struktur baja tahan gempa yang dapat diterapkan pada bangunan yaitu; *Moment Resisting Frame (MRF)*, *Centrally Braced Frame (CBF)*, *Eccentrically Braced Frame (EBF)*, *Buckling Restrained Braced Frame (BRBF)*, dan *Special Plate Shear Walls (SPSW)*.

Sistem Rangka Bresiing Eksentrik (EBF) adalah sistem struktur yang elemen bresiing diagonalnya tidak bertemu pada suatu titik karena adanya elemen penghubung atau yang disebut *link*. EBF merupakan kombinasi gabungan dari Sistem Rangka Pemikul Momen (MRF) yang sangat daktail dan Sistem Rangka Bresiing Konsentrik (CBF) yang memiliki kekakuan dan kekuatan yang cukup baik. Karakteristik yang membedakan EBF dengan desain struktur tahan gempa MRF dan CBF adalah adanya *link* (Bruneau, 1998).

Sistem *Eccentrically Braced Frames* (EBF) merupakan sistem struktur pemikul beban gempa yang memiliki kinerja yang baik dalam hal kekuatan, kekuatan,



daktilitas, maupun disipasi energi. Elemen yang memegang peranan penting pada EBF adalah elemen *link* yang berfungsi menyerap energi gempa melalui mekanisme leleh (Moestopo, Panjaitan, 2012). Bagian *link* ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Mekanisme leleh yang terjadi pada *link* dapat berupa terbentuknya sendi plastis pada kedua ujung *link* akibat tercapainya momen sebesar  $M_p$  (momen plastis penampang *link*) dan disebut *link* lentur, atau berupa terjadinya leleh pada pelat badan *link* akibat tercapainya gaya geser sebesar  $V_p$  (gaya geser plastis penampang *link*) dan disebut *link* geser. (Moestopo, Panjaitan, 2012).

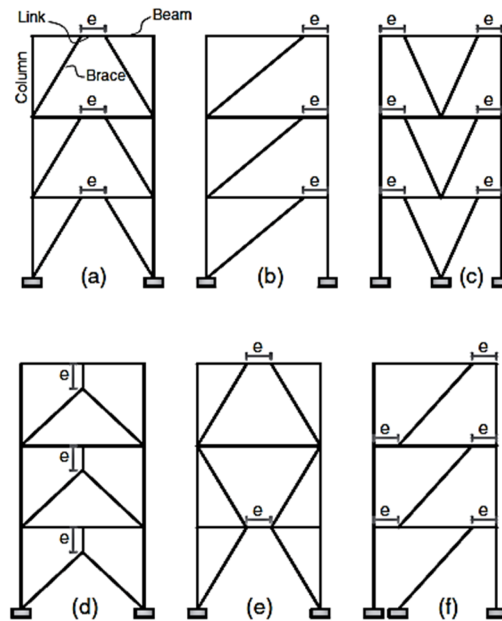


**Gambar 2.4** Perbedaan perilaku tiga model sistem rangka baja

Pada gambar diatas dijelaskan tentang kurva hubungan antara gaya lateral dengan perpindahan yang terjadi pada SRBK (CBF), SRBE (EBF), dan SRPM (MRF). EBF dapat memberikan perilaku struktur yang diharapkan saat terjadi gempa yaitu terlalu kaku seperti halnya CBF tetapi juga tidak terlalu memiliki deformasi yang besar seperti MRF. (Moestopo, M, dkk 2006 dalam Fitriyah 2017)

EBF dengan *short link* memiliki nilai *displacement* yang lebih kecil jika dibandingkan dengan MRF. Gaya aksial, gaya lintang, dan momen dari EBF juga lebih kecil dibandingkan dengan MRF. Melihat hal tersebut menunjukkan bahwa EBF memiliki kapasitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan MRF. (Kurniawan, dkk, 2018)

*Link* pada EBF konsentrasi tegangan yang terjadi lebih besar dari bresing pada CBF. Sehingga jika dilihat dari perilaku maka EBF mempunyai keunggulan dibanding CBF (Iqbal, 2011). Dan menurut penelitian Jasinda, 2018, tingkat kinerja struktur sistem EBF adalah *Life Safety* sehingga lebih baik dibandingkan sistem CBF yang kinerja strukturnya *Collapse Prevention*.



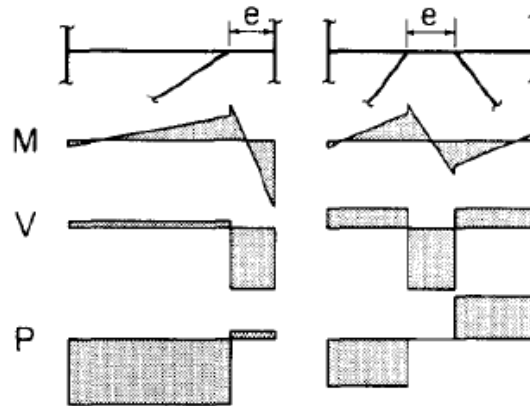
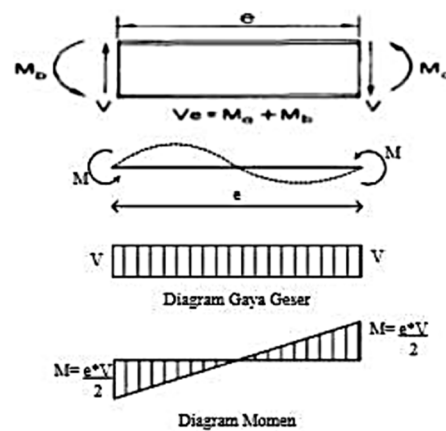
**Gambar 2.5** Tipe bresing *Link* pada EBF

Dari beberapa kemungkinan penempatan bracing untuk sistem struktur EBF pada gambar diatas, konfigurasi (a) yaitu *Inverted-V Braced* mempunyai keuntungan karena bentuknya yang simetris dan letak *link* yang tidak langsung terhubung oleh kolom sehingga terhindar dari masalah *full moment connection* pada kolom (sendi plastis tidak terjadi di dekat kolom) (Suswanto dkk, 2018). Untuk hasil tinjauan parameter *Target Displacement* maka struktur yang menggunakan EBF Tipe *Inverted-V Braced* memiliki sifat daktail yang lebih baik dibandingkan dibandingkan EBF Tipe-V (Manope, dkk, 2019).

## 2.3.2 Elemen Link

### 2.3.2.1 Definisi Link

*Link* berfungsi sebagai elemen yang menyerap energi gempa melalui mekanisme leleh (Moestopo, Panjaitan, 2012). Bagian *link* ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Gaya dalam yang terjadi pada struktur balok dan *link* seperti gambar yang tertera berikut:

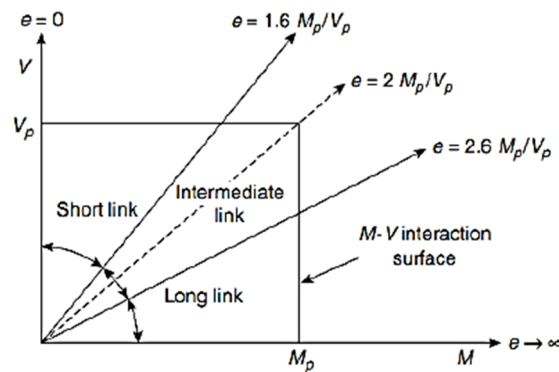
**Gambar 2.6** Distribusi gaya pada *Link***Gambar 2.7** Gaya yang bekerja pada *Link*

Terdapat dua keadaan yang bisa disimpulkan berdasarkan gambar diatas, yaitu bahwa *link* mendapatkan gaya geser yang tinggi di semua bagian *link* dan momen yang besar pada ujung-ujungnya. Jika *link* terlalu pendek, pada saat penambahan beban lateral *link* akan leleh terhadap geser dengan momen yang relatif kecil pada ujung ujungnya, sehingga struktur portal menjadi lebih kaku mendekati kekakuan struktur CBF. Sedangkan pada suatu kasus lain jika *link* terlalu panjang, maka momen plastis pada sendi-sendi di ujung *link*, dengan sedikit atau tidak akan mengalami leleh akibat geser, sehingga kekakuan struktur portal EBF mendekati kekakuan struktur MRF. Dapat dikatakan bila *link* terlalu pendek akan disebut *link* geser dan *link* yang terlalu panjang akan disebut sebagai *link* momen. Energi disipasi dan kegagalan struktur dari kedua jenis *link* ini pun akan berbeda (Popov dan Engelhardt, 1989 dalam Fitriyah 2017).



### 2.3.2.2 Jenis link berdasarkan panjangnya

Kriteria balok *link* ditentukan dari normalisasi panjang *link* dengan rasio antara kapasitas momen plastis ( $M_p$ ) dan kapasitas geser plastis ( $V_p$ ). Pada *link* geser, gaya geser mencapai keadaan plastis ( $V_p$ ) terlebih dahulu sebelum momen lentur mencapai kapasitas plastisnya sehingga *link* mengalami leleh dalam geser. Sedangkan pada *link* lentur, momen plastis ( $M_p$ ) tercapai dahulu sebelum terjadi kelelahan geser. (Suswanto, dkk, 2018). Jenis link berdasarkan panjangnya dapat dilihat pada gambar dibawah.



**Gambar 2.8** Jenis *Link* berdasarkan panjangnya

Menurut Bruneau, dkk, 2011, rumus untuk mengklasifikasi jenis *link* berdasarkan panjangnya yaitu:

$$\text{Short Links (Link Geser)} : e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (2-1)$$

$$\text{Intermediate Links} : \frac{1,6M_p}{V_p} < e < \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (2-2)$$

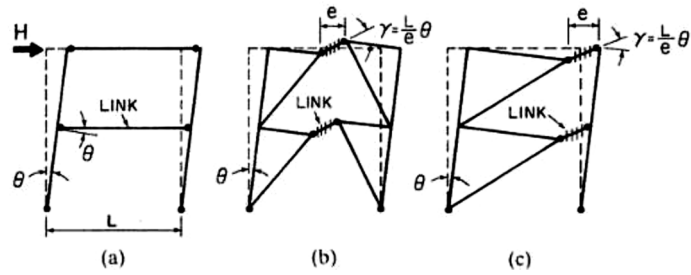
$$\text{Long Links (Link Lentur)} : e \geq \frac{2,6M_p}{V_p} \quad (2-3)$$

EBF dengan *link* pendek lebih baik kinerjanya dari EBF dengan *link* panjang (Sukrawa, dkk, 2013).

### 2.3.2.3 Sudut rotasi link beam

Sudut Rotasi *Link* adalah sudut inelastis antara *Link* dan bagian balok di luar *Link* pada saat simpangan antar lantai sama dengan simpangan antar lantai rencana,  $\Delta M$ . Menurut Bruneau, 1998 besarnya rotasi balok *link* seperti pada gambar dibawah.





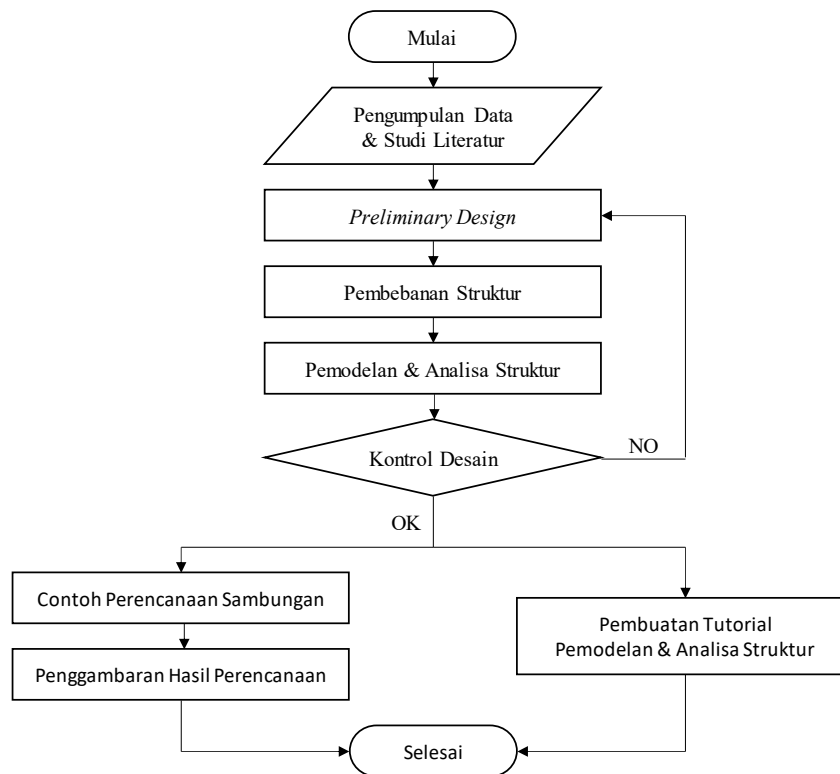
**Gambar 2.9** Besar sudut rotasi pada *Link*



## BAB III

# METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Pengganti



**Gambar 3.1** Diagram alur penyelesaian tugas pengganti

### 3.2 Data Pemodelan

Data dan informasi eksternal yang dibutuhkan dalam pemodelan gedung perkantoran ini ditetapkan sebagai berikut:

- Jenis Pemodelan : Gedung Perkantoran
- Lokasi : Madiun, Jawa Timur
- Sifat bangunan : Fiktif (Bukan Gedung Eksisting)
- Jumlah Lantai : 10 Lantai dan Lantai Atap
- Tinggi Gedung : 35 m
- Material Struktur : Baja Beton Komposit (Pelat)  
Baja Struktural (Balok dan Kolom)
- Sistem Struktur : *Eccentrically Braced Frames* (EBF)
- Jenis/Kondisi Tanah : Tanah Sedang (SD)



### 3.3 Studi Literatur

Setiap konstruksi bangunan harus mengikuti kaidah-kaidah yang telah ditetapkan dari peraturan dan literatur yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, dalam memodelkan gedung perkantoran ini, peraturan dan literatur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
2. SNI 1727:2019 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
4. SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
5. ANSI/AISC 341-10 *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*
6. ANSI/AISC 360-10 *Specification for Structural Steel Buildings*
7. Jurnal-jurnal yang berkaitan dengan baja beton komposit, baja struktural dan *Eccentrically Braced Frames* (EBF).

### 3.4 Preliminary Design

Pada tugas pengganti kerja praktek ini, struktur gedung direncanakan menggunakan baja struktural dengan sistem pengaku *Eccentrically Braced Frames* (EBF) tipe *Inverted-V Braced* dikarenakan mempunyai keuntungan yakni bentuknya yang simetris dan letak link yang tidak langsung terhubung oleh kolom sehingga terhindar dari masalah *full moment connection* pada kolom.

#### 3.4.1 Preliminary Design Struktur Sekunder

Dalam perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur sekunder, penentuan mutu bahan dan material struktur yang akan digunakan pada struktur sekunder meliputi:

1. Plat Lantai, direncanakan plat lantai komposit yakni penggunaan *deck* baja gelombang dan tulangan *wiremesh* yang kemudian dicor beton.
2. Balok Anak, direncanakan menggunakan profil baja WF.
3. Tangga, direncanakan menggunakan plat baja dengan penggunaan profil siku pada setiap anak tangga.
4. Balok Penumpu *Lift*, direncanakan menggunakan profil baja WF.



5. Balok Bordes Tangga, direncanakan menggunakan profil baja WF.
6. Balok *Lift*, direncanakan menggunakan profil baja WF.

### 3.4.2 Preliminary Design Struktur Utama

Dalam perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur utama, penentuan mutu bahan dan material struktur yang akan digunakan pada struktur utama meliputi:

1. Balok Induk, direncanakan menggunakan profil balok komposit dengan *shear connector* (penghubung geser, dengan *deck* baja gelombang)
2. Kolom, direncanakan menggunakan profil *King-Cross*.
3. Panjang *Link* (*e*), direncanakan menggunakan *link* pendek.
4. Bresing (*bracing*), direncanakan menggunakan profil WF.

## 3.5 Pembebanan Struktur

Dalam melakukan pemodelan, tentunya beban-beban yang bekerja pada bangunan tersebut harus dapat dikalkulasikan dengan baik. Berikut adalah jenis beban yang terjadi pada struktur bangunan tersebut.

### 3.5.1 Beban Mati

Beban mati adalah beban seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading Gedung dan komponen arsitektural, dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Besarnya beban mati menurut SNI 1727:2019 dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

**Tabel 3.1** Beban mati pada perencanaan gedung

Keterangan	Berat Sendiri
Bahan Bangunan	
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton Bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Komponen Gedung	
Adukan, per cm tebal, dari semen	21 kg/m <sup>3</sup>
Aspal, per cm tebal	14 kg/m <sup>3</sup>
Dinding pasangan bata merah (setengah batu)	250 kg/m <sup>3</sup>
Langit-langit (Plafond)	11 kg/m <sup>3</sup>
Penggantung langit-langit	7 kg/m <sup>3</sup>

(Sumber: SNI 1729:2019)



### 3.5.2 Beban Hidup

Adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan,, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu Gedung, dan kedalamnya termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin – mesin, serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup gedung. Besarnya beban hidup untuk Fasilitas Pendidikan menurut SNI 1727:2019 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3.2** Beban hidup pada perkantoran

Keterangan	Beban Merata
<b>Gedung Perkantoran</b>	
Kantor	240 kg/m <sup>2</sup>
Koridor di lantai pertama	479 kg/m <sup>2</sup>
Koridor di atas lantai pertama	383 kg/m <sup>2</sup>
Lobi	479 kg/m <sup>2</sup>
Ruang penyimpanan	479 kg/m <sup>2</sup>
Toilet	287 kg/m <sup>2</sup>
<b>Atap, berbentuk datar atau lengkung</b>	96 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber: SNI 1729:2019)

### 3.5.3 Beban Gempa

Adalah salah satu dari penerapan konsep rekayasa gempa yang berarti penerapan beban lateral gempa terhadap pemodelan struktur bangunan. Perencanaan kategori desain seismik berdasarkan SNI 1726-2019. Berikut prosedur analisis gempa adalah sebagai berikut:

1. Mendefinisikan Kategori Risiko Desain Seismik dan Faktor Keutamaan Gempa. Kategori risiko ditentukan berdasarkan jenis pemanfaatan gedung pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3.3** Kategori risiko gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"><li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li><li>- Fasilitas sementara</li><li>- Gudang penyimpanan</li><li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li></ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko, I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"><li>- Perumahan</li><li>- Rumah toko dan rumah kantor</li><li>- Pasar</li><li>- Gedung perkantoran</li><li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li><li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li><li>- Bangunan industri</li><li>- Fasilitas manufaktur</li><li>- Pabrik</li></ul>	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"><li>- Bioskop</li><li>- Gedung pertemuan</li><li>- Stadion</li><li>- Fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li><li>- Penjara</li><li>- Bangunan untuk orang jompo</li></ul> Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"><li>- Bangunan-bangunan monumental</li><li>- Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan</li><li>- Rumah ibadah</li><li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li><li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li><li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li><li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li><li>- Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangkai penyimpanan bahan bakar, menara pendingin struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran, atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material, atau alat pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li></ul> Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV	IV

(Sumber: SNI 1726:2019)



Pada pemodelan ini, pemanfaatan gedung sebagai gedung perkantoran termasuk dalam kategori risiko II. Setelah mengetahui kategori risiko bangunan, faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut:

**Tabel 3.4** Faktor Keutamaan Gempa,  $I_e$

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

(Sumber: SNI 1726:2019)

Didapatkan nilai  $I_e$  bernilai 1 untuk kategori risiko II.

2. Mendefinisikan Kelas Situs Tanah.

Tanah dibagi kedalam beberapa kelas situs yang didefinisikan dalam tabel berikut:

**Tabel 3.5** Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$V_s$ (m/detik)	$N$ atau $N_{ch}$	$S_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15-50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , dan Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat senditif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$ ) - Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

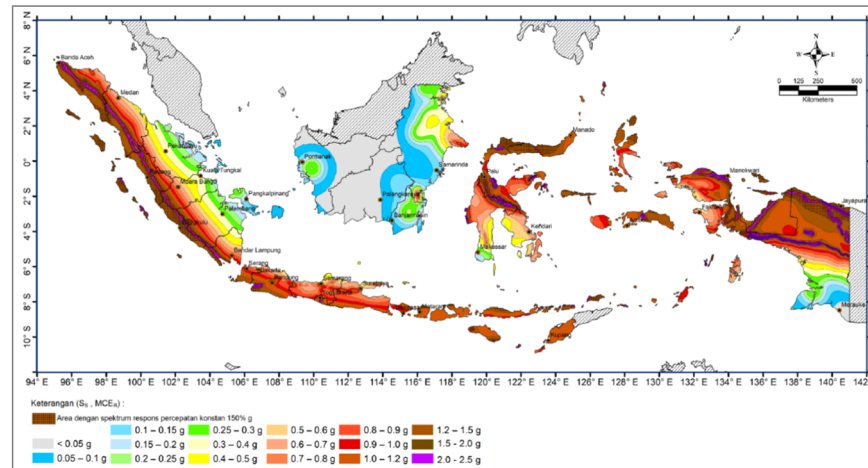


Jenis tanah pada tugas pengganti ini yaitu tanah sedang (SD).

### 3. Menentukan Parameter Percepatan Spektral Desain

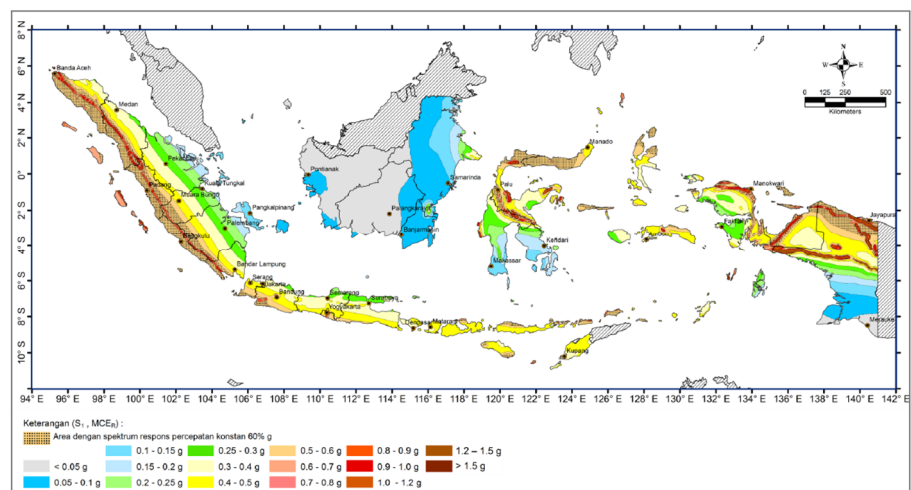
#### a. Nilai $S_s$ dan $S_l$

$S_s$  merupakan parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk periode pendek (0.2 detik), ditentukan berdasarkan peta pada gambar....



**Gambar 3.2** Parameter  $S_s$

$S_l$  merupakan parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk periode 1 detik, ditentukan berdasarkan peta pada gambar....



**Gambar 3.3** Parameter  $S_l$

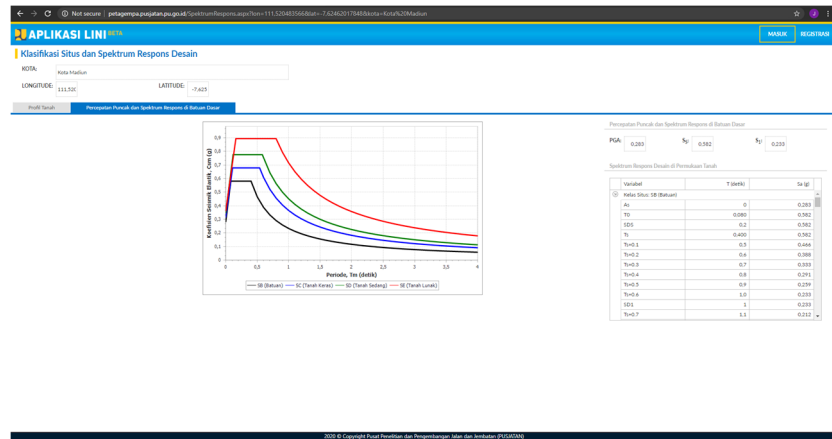
Parameter  $S_s$  dan  $S_l$  juga dapat dilihat pada pusjatan 2020 beta (<http://petagempa.pusjatan.pu.go.id/>) yang disajikan dalam data pada gambar dibawah.





# LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK

## Tutorial Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural dengan Menggunakan Sistem *Eccentrically Braced Frames*



**Gambar 3.4** Spektrum Respon Desain Kota Madiun

Didapat nilai  $S_s = 0,582$  dan  $S_I = 0,233$

### b. Faktor Amplifikasi

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik yang perlu disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs. Besaran penentuan respon spektral percepatan gempa  $MCE_R$  ditentukan dengan persamaan berikut

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (3.1)$$

$$S_{M1} = F_a S_1 \quad (3.2)$$

### Keterangan:

$S_{MS}$  = parameter respons spektral percepatan pada periode pendek

$S_{M1}$  = parameter respons spektral percepatan pada periode 1 detik

$F_a$  = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

$F_v$  = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik.

Koefisien situs didapatkan berdasarkan tabel dibawah ini.

**Tabel 3.6** Koefisien situs  $F_a$

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^B$					



**Tabel 3.7** Koefisien situs,  $F_v$

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$	$S_I \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^B$					

c. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.2)$$

4. Menentukan Kategori Desain Seismik

Ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risiko dan parameter respons spektral percepatan desainnya,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ .

**Tabel 3.8** Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 3.9** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D



## 5. Spektrum Respons Desain

Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$  harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \cdot (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \quad (3.5)$$

Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ ;

Untuk periode lebih besar  $T_s$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.6)$$

Untuk periode lebih besar  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

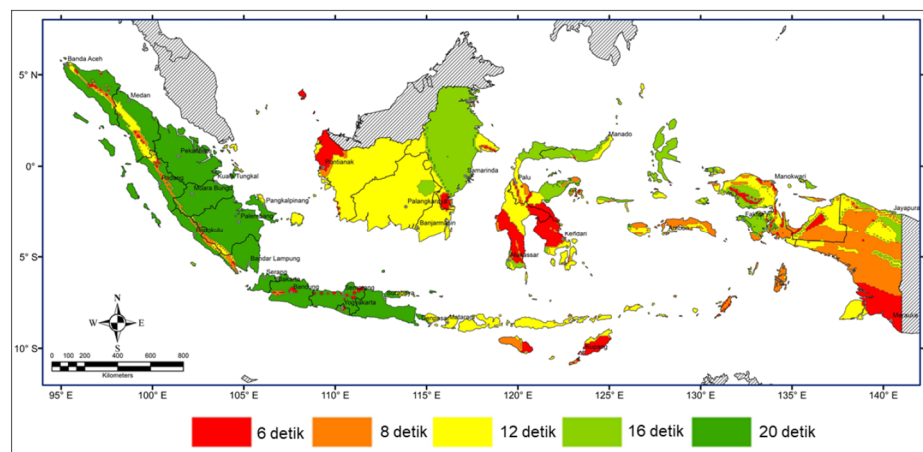
$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (3.7)$$

Dengan,

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_1 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$T_L$  = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada gambar dibawah



**Gambar 3.5** Distribusi  $T_L$

## 6. Menentukan Parameter Desain

Berdasarkan system struktur, kita dapat menentukan koefisien modifikasi respons ( $R$ ), faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ), dan faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) berdasarkan kategori desain seismik yang



terdapat didalam tabel 12 pada SNI-1726-2019. Dikarenakan penggunaan pemodelan adalah rangka baja dengan bresing eksentris, maka nilai dari  $R = 8$ ,  $\Omega_0 = 2$ , dan  $C_d = 4$ .

#### 7. Analisis Beban Gempa

Prosedur analisis gempa yang digunakan untuk merencanakan bangunan tahan gempa dapat dikalsifikasikan menjadi dua yaitu analisis statis (analisis gaya lateral ekivalen, gaya seismik ekivalen) dan analisa dinamis (analisis spektrum respons ragam dan analisis Riwayat respons seismik).

Dalam menganalisis gaya lateral ekivalen, besaran dari gaya geser dasar seismik perlu diperhitungkan. Geser dasar seismik,  $V$ , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W \quad (3.8)$$

#### Keterangan:

$C_s$  = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan 7.8.1.1

$W$  = berat seismik efektif

Perhitungan koefisien respons seismik

Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.9)$$

Nilai  $C_s$ , yang dihitung tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.10)$$

$C_s$  harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3.11)$$

Untuk struktur yang berlokasi di  $S_I$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5 S_{D1}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.12)$$



## 8. Periode Fundamental Pendekatan

Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.13)$$

### Keterangan:

$h_n$  adalah ketinggian struktur, dalam (m), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur,

Koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan berdasarkan tabel dibawah:

**Tabel 3.10** Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen dengan rangka menahan 100% gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

## 9. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral ( $F_x$ ) (kN) ynag timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.14)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.15)$$

### Keterangan:

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

$V$  = gaya lateral desain total

$w_i$  dan  $w_x$  = bagian berat seismik efektif total struktur yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x

$h_i$  dan  $h_x$  = perioda struktur dasar (detik)

$R$  = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x

$K$  = eksponen yang terkait dengan perioda struktur



Sesuai pasal 7.8.4 gaya tingkat desain gempa di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.16)$$

Keterangan:

$F_i$  = bagian dari gaya geser dasar seismik yang timbul di tingkat  $i$

### 3.5.4 Kombinasi Pembebanan

Dalam pemodelan ini, kami menggunakan kombinasi pembebanan yang tertera dibawah ini:

1.  $1,4D$  (3.17)

2.  $1,2D + 1,6L$  (3.18)

3.  $1,2D + 1,0L + 1,0E$  (3.19)

4.  $0,9D + 1,0E$  (3.20)

**Keterangan:**

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap

L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain

E adalah beban seismik yang bekerja pada struktur sesuai dengan SNI 1726-2019.

## 3.6 Kontrol Struktur Sekunder

### 3.6.1 Kontrol Balok Anak

#### 3.6.1.1 Kontrol Kapasitas Lentur

##### 1. Kontrol Tekuk Lokal Penampang

Profil baja harus dikontrol kelangsingan penampangnya untuk menentukan apakah profil tersebut kompak, non-kompak, atau langsing. Untuk balok anak digunakan profil WF.

- Badan (Web)

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompak}$$

$$\lambda_p < \frac{h}{tw} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Non-Kompak}$$



$$\frac{h}{tw} > \lambda_r \rightarrow \text{Langsing}$$

- Sayap (Flens)

$$\frac{b}{2tf} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompak}$$

$$\lambda_p < \frac{b}{2tf} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Non-Kompak}$$

$$\frac{b}{2tf} > \lambda_r \rightarrow \text{Langsing}$$

Nilai  $\lambda_p$  dan  $\lambda_r$  untuk web dan flens dapat dilihat dalam Tabel B4.1b SNI 1729-2015.

**Keterangan :**

$h$  = tinggi bruto profil WF

$b$  = lebar bruto sayap profil WF

$tw$  = tebal badan profil WF

$tf$  = tebal sayap profil WF

$\lambda_p$  = batas rasio kelangsingan untuk penampang kompak

$\lambda_r$  = batas rasio kelangsingan untuk penampang langsing

## 2. Kontrol Kapasitas Lentur Penampang

Untuk elemen struktur yang memikul beban lentur murni harus direncanakan sehingga kapasitas lentur penampang mencukupi.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.21)$$

**Keterangan :**

$M_u$  = momen lentur terfaktor

$M_n$  = kapasitas lentur nominal penampang

$\phi$  = faktor ketahanan = 0,9 (DFBK)

$\phi M_n$  = kapasitas lentur desain

## 3. Kontrol Kapasitas Lentur Elemen Struktur

Untuk elemen struktur balok profil WF dengan badan dan sayap kompak yang memikul beban lentur murni serta melengkung di sumbu mayor, kapasitas lentur balok harus ditentukan dari kondisi batas leleh dan tekuk torsi lateral.

### Pelelehan Penampang

$$M_n = M_p = Z_x F_y \quad (3.22)$$

### Tekuk Tosi-Lateral

- Bentang Pendek  $\rightarrow L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p \quad (3.23)$$



- Bentang Menengah  $\rightarrow L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.24)$$

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (3.25)$$

Khusus untuk kantilever dengan ujung tak dibresing  $C_b = 1,0$

- Bentang Panjang  $\rightarrow L_b \geq L_p$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.26)$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (3.27)$$

**Keterangan :**

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x

$L_b$  = jarak antara titik bresing terhadap perpindahan lateral dan atau puntir

$L_p$  dan  $L_r$  ditentukan sebagai berikut:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.28)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7F_y}{E} \right)^2}} \quad (3.29)$$

**Keterangan:**

$C_b$  = faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen nonmerata

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibresing, kip-in.

(Nmm)

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibresing, kip-in.(N-mm)

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibresing, kip-in. (N-mm)

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat segmen tanpa dibresing, kip-in.(N-mm)

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, in.<sup>4</sup> (mm<sup>4</sup>)

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$h_o$  = jarak antara titik berat sayap, in. (mm)

### 3.6.1.2 Kontrol Kapasitas Geser

Untuk elemen struktur yang memikul beban geser murni harus direncanakan sehingga kapasitas geser penampang mencukupi.





$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.30)$$

**Keterangan:**

$V_u$  = gaya geser terfaktor

$V_n$  = kapasitas geser nominal penampang

$\phi_v$  = faktor ketahanan = 0,9 (DFBK)

$\phi_v V_n$  = kapasitas geser desain

Kekuatan geser nominal,  $V_n$ , dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser, adalah:

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v \quad (3.31)$$

Koefisien geser badan,  $C_v$ , ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}, \text{ maka } C_v = 1,0 \quad (3.32)$$

$$\text{Bila } 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}, \text{ maka } C_v = \frac{1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \quad (3.33)$$

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}, \text{ maka } C_v = \frac{1,51 k_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_y} \quad (3.34)$$

Koefisien tekuk pelat badan,  $k_v$ , ditentukan sebagai berikut:

Untuk badan tanpa pengaku transversal dan dengan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , nilai ,  $k_v = 5$

$$\text{Untuk badan dengan pengaku transversal, } k_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3.35)$$

### 3.7 Kontrol Struktur Primer

#### 3.7.1 Kontrol Balok Induk

##### 3.7.1.1 Kontrol Kapasitas Lentur

###### 1. Kontrol Tekuk Lokal Penampang

Profil baja harus dikontrol kelangsingan penampangnya untuk menentukan apakah profil tersebut kompak, non-kompak, atau langsing. Untuk balok anak digunakan profil WF.

- Badan (Web)

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompak}$$

$$\lambda_p < \frac{h}{t_w} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Non-Kompak}$$

$$\frac{h}{t_w} > \lambda_r \rightarrow \text{Langsing}$$

- Sayap (Flens)

$$\frac{b}{2t_f} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompak}$$



$$\lambda_p < \frac{b}{2tf} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Non-Kompak}$$

$$\frac{b}{2tf} > \lambda_r \rightarrow \text{Langsing}$$

Nilai  $\lambda_p$  dan  $\lambda_r$  untuk web dan flens dapat dilihat dalam Tabel B4.1b SNI 1729-2015.

**Keterangan :**

$h$  = tinggi bruto profil WF

$b$  = lebar bruto sayap profil WF

$tw$  = tebal badan profil WF

$tf$  = tebal sayap profil WF

$\lambda_p$  = batas rasio kelangsingan untuk penampang kompak

$\lambda_r$  = batas rasio kelangsingan untuk penampang langsing

**2. Kontrol Kapasitas Lentur Penampang**

Untuk elemen struktur yang memikul beban lentur murni harus direncanakan sehingga kapasitas lentur penampang mencukupi.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.36)$$

**Keterangan :**

$M_u$  = momen lentur terfaktor

$M_n$  = kapasitas lentur nominal penampang

$\phi$  = faktor ketahanan = 0,9 (DFBK)

$\phi M_n$  = kapasitas lentur desain

**3. Kontrol Kapasitas Lentur Elemen Struktur**

Untuk elemen struktur balok profil WF dengan badan dan sayap kompak yang memikul beban lentur murni serta melengkung di sumbu mayor, kapasitas lentur balok harus ditentukan dari kondisi batas leleh dan tekuk torsi lateral.

Pelelehan Penampang

$$M_n = M_p = Z_x F_y \quad (3.37)$$

Tekuk Tosi-Lateral

- Bentang Pendek  $\rightarrow L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z_x F_y \quad (3.38)$$

- Bentang Menengah  $\rightarrow L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.39)$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (3.40)$$

Khusus untuk kantilever dengan ujung tak dibresing  $C_b = 1,0$



- Bentang Panjang  $\rightarrow L_b \geq L_p$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.41)$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.42)$$

**Keterangan :**

$Zx$  = modulus penampang plastis di sumbu x

$L_b$  = jarak antara titik bresing terhadap perpindahan lateral dan atau puntir

$L_p$  dan  $L_r$  ditentukan sebagai berikut:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.43)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}} \quad (3.44)$$

**Keterangan**

$C_b$  = faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen nonmerata

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, kip-in.

(Nmm)

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, kipin.(N-mm)

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, kip-in. (N-mm)

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat segmen tanpa dibreising, kip-in.(N-mm)

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, in.<sup>4</sup> (mm<sup>4</sup>)

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$h_o$  = jarak antara titik berat sayap, in. (mm)

### 3.7.1.2 Kontrol Kapasitas Geser

Untuk elemen struktur yang memikul beban geser murni harus direncanakan sehingga kapasitas geser penampang mencukupi.

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.45)$$

**Keterangan:**

$V_u$  = gaya geser terfaktor

$V_n$  = kapasitas geser nominal penampang

$\phi_v$  = faktor ketahanan = 0,9 (DFBK)

$\phi_v V_n$  = kapasitas geser desain



Kekuatan geser nominal,  $V_n$ , dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser, adalah

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v \quad (3.46)$$

Koefisien geser badan,  $C_v$ , ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}, \text{ maka } C_v = 1,0 \quad (3.47)$$

$$\text{Bila } 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}, \text{ maka } C_v = \frac{1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \quad (3.48)$$

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}, \text{ maka } C_v = \frac{1,51 k_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_y} \quad (3.49)$$

Koefisien tekuk pelat badan,  $k_v$ , ditentukan sebagai berikut:

Untuk badan tanpa pengaku transversal dan dengan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , nilai ,  $k_v = 5$

$$\text{Untuk badan dengan pengaku transversal, } k_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3.50)$$

### 3.7.2 Kontrol Kolom

#### 3.7.2.1 Kontrol Kapasitas Tekan Aksial

##### 1. Kontrol Tekuk Lokal Penampang

Profil baja harus dikontrol kelangsingan penampangnya untuk menentukan apakah profil tersebut kompak, non-kompak, atau langsing. Untuk kolom digunakan profil King-Cross.

- Badan (Web)

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompak}$$

$$\lambda_p < \frac{h}{t_w} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Non-Kompak}$$

$$\frac{h}{t_w} > \lambda_r \rightarrow \text{Langsing}$$

- Sayap (Flens)

$$\frac{b}{2t_f} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompak}$$

$$\lambda_p < \frac{b}{2t_f} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Non-Kompak}$$

$$\frac{b}{2t_f} > \lambda_r \rightarrow \text{Langsing}$$

Nilai  $\lambda_p$  dan  $\lambda_r$  untuk web dan flens dapat dilihat dalam Tabel B4.1a pada SNI 1729-2015.

**Keterangan :**

$h$  = tinggi bruto profil King-Cross

$b$  = lebar bruto sayap profil King-Cross

$tw$  = tebal badan profil King-Cross

$tf$  = tebal sayap profil King-Cross

$\lambda p$  = batas rasio kelangsingan untuk penampang kompak

$\lambda r$  = batas rasio kelangsingan untuk penampang langsing

**2. Kontrol Kelangsingan Elemen Struktur**

Untuk elemen struktur yang memikul beban tekan aksial disyaratkan angka kelangsingannya tidak boleh melebihi 200.

$$\frac{KL}{r} \leq 200 \quad (3.51)$$

**Keterangan :**

$K$  = faktor panjang efektif sesuai jenis tumpuan

$L$  = panjang tanpa bresing lateral elemen struktur

$r$  = jari-jari girasi penampang

**3. Kontrol Kapasitas Tekan Aksial Elemen Struktur**

Untuk elemen struktur berpenampang nonlansing (kompak atau non-kompak) yang memikul beban tekan aksial harus didesain berdasarkan kondisi batas tekuk lentur.

$$P_u \leq \phi P_n \quad (3.52)$$

**Keterangan :**

$P_u$  = gaya tekan aksial terfaktor

$P_n$  = kapasitas tekan aksial nominal elemen struktur

$\phi$  = faktor ketahanan = 0,90

$\phi P_n$  = kapasitas desain tekan aksial elemen struktur

Kapasitas tekan aksial elemen struktur berdasarkan kondisi batas tekuk lentur adalah sebagai berikut:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad (3.53)$$

$F_{cr}$  = tegangan tekuk kritis

$A_g$  = luas bruto profil King-Cross

Tegangan tekuk kritis  $F_{cr}$  ditentukan dengan :

$$\text{Bila } \frac{K.L}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ maka } F_{cr} = 0,658 \left( \frac{F_y}{F_e} \right) \quad (3.54)$$

$$\text{Bila } \frac{K.L}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ maka } F_{cr} = 0,877 F_e \quad (3.55)$$



$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (3.56)$$

### 3.7.2.2 Kontrol Kapasitas Lentur

#### 1. Kontrol Tekuk Lokal Penampang

Profil baja harus dikontrol kelangsingan penampangnya untuk menentukan apakah profil tersebut kompak, non-kompak, atau langsing. Untuk balok induk digunakan profil WF.

- Badan (Web)

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompak}$$

$$\lambda_p < \frac{h}{tw} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Non-Kompak}$$

$$\frac{h}{tw} > \lambda_r \rightarrow \text{Langsing}$$

- Sayap (Flens)

$$\frac{b}{2tf} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompak}$$

$$\lambda_p < \frac{b}{2tf} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Non-Kompak}$$

$$\frac{b}{2tf} > \lambda_r \rightarrow \text{Langsing}$$

Nilai  $\lambda_p$  dan  $\lambda_r$  untuk web dan flens dapat dilihat dalam Tabel B4.1b SNI 1729-2015.

**Keterangan :**

$h$  = tinggi bruto profil WF

$b$  = lebar bruto sayap profil WF

$tw$  = tebal badan profil WF

$tf$  = tebal sayap profil WF

$\lambda_p$  = batas rasio kelangsingan untuk penampang kompak

$\lambda_r$  = batas rasio kelangsingan untuk penampang langsing

#### 2. Kontrol Kapasitas Lentur Penampang

Untuk elemen struktur yang memikul beban lentur murni harus direncanakan sehingga kapasitas lentur penampang mencukupi.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.57)$$

**Keterangan :**

$M_u$  = momen lentur terfaktor

$M_n$  = kapasitas lentur nominal penampang

$\phi$  = faktor ketahanan = 0,9 (DFBK)

$\phi M_n$  = kapasitas lentur desain



### 3. Kontrol Kapasitas Lentur Elemen Struktural

Untuk elemen struktur balok profil WF dengan badan dan sayap kompak yang memikul beban lentur murni serta melengkung di sumbu mayor, kapasitas lentur balok harus ditentukan dari kondisi batas leleh dan tekuk torsi lateral.

#### Pelelehan Penampang

$$M_n = M_p = Z_x F_y \quad (3.58)$$

#### Tekuk Tosi-Lateral

- Bentang Pendek  $\rightarrow L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z_x F_y \quad (3.59)$$

- Bentang Menengah  $\rightarrow L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.60)$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{maks}}{2,5 M_{maks} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \quad (3.61)$$

Khusus untuk kantilever dengan ujung tak dibresing  $C_b = 1,0$

- Bentang Panjang  $\rightarrow L_b \geq L_p$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.62)$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2}{\left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left( \frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (3.63)$$

#### **Keterangan :**

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x

$L_b$  = jarak antara titik bresing terhadap pepindahan lateral dan atau puntir

$L_p$  dan  $L_r$  ditentukan sebagai berikut:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.64)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \quad (3.65)$$

$L_p$  dan  $L_r$  ditentukan sebagai berikut:

$C_b$  = faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen nonmerata

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, kip-in.

(Nmm)

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, kipin.(N-mm)



$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, kip-in. (N-mm)

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat segmen tanpa dibreising, kip-in.(N-mm)

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, in.<sup>4</sup> (mm<sup>4</sup>)

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, in.<sup>3</sup> (mm<sup>3</sup>)

$h_0$  = jarak antara titik berat sayap, in. (mm)

### 3.7.2.3 Kontrol Kapasitas Geser

Untuk elemen struktur yang memikul beban geser murni harus direncanakan sehingga kapasitas geser penampang mencukupi.

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.66)$$

**Keterangan:**

$V_u$  = gaya geser terfaktor

$V_n$  = kekuatan geser nominal penampang

$\phi$  = faktor ketahanan = 0,9 (DFBK)

$\phi V_n$  = kapasitas geser desain

Kekuatan geser nominal,  $V_n$ , dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser, adalah

$$V_n = 0,6F_y A_w C_v \quad (3.67)$$

Koefisien geser badan,  $C_v$ , ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}, \text{ maka } C_v = 1,0 \quad (3.68)$$

$$\text{Bila } 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}, \text{ maka } C_v = \frac{1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}}{\frac{h}{t_w}} \quad (3.69)$$

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{F_y}}, \text{ maka } C_v = \frac{1,51 k_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_y} \quad (3.70)$$

Koefisien tekuk pelat badan,  $k_v$ , ditentukan sebagai berikut:

Untuk badan tanpa pengaku transversal dan dengan  $\frac{h}{t_w} < 260$ , nilai,  $k_v = 5$

$$\text{Untuk badan dengan pengaku transversal, } k_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3.71)$$





### 3.7.2.4 Kontrol Interaksi Tekan Aksial dan Lentur

Untuk elemen struktur yang memikul beban geser murni harus direncanakan sehingga kapasitas geser penampang mencukupi.

$$\text{Bila } \frac{P_r}{P_c} \geq 0,2, \text{ maka } \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.72)$$

$$\text{Bila } \frac{P_r}{P_c} < 0,2, \text{ maka } \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.73)$$

**Keterangan:**

$P_r$  = gaya tekan aksial terfaktor

$P_c$  = kapasitas tekan aksial elemen struktur

$M_{rx}$  = momen lentur terfaktor ke arah sumbu x

$M_{ry}$  = momen lentur terfaktor ke arah sumbu y

$M_{cx}$  = kapasitas lentur elemen struktur ke arah sumbu x

$M_{cy}$  = kapasitas lentur elemen struktur ke arah sumbu y

### 3.7.3 Perencanaan dan Kontrol *Eccentrically Braced Frames*

Berdasarkan AISC 341-10, dalam perencanaan sistem pengaku bresing eksentris (EBF), ada suatu bagian balok yang disebut sebagai *Link* dan direncanakan secara khusus. EBF diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang cukup besar pada bagian *Link* saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana. Hubungan pada kolom – kolom, batang bresing dan bagian dari balok diluar *Link* harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastis akibat gaya – gaya yang dihasilkan oleh *Link* pada saat mengalami pelelehan penuh hingga tahap perkerasan regangan.

#### 3.7.3.1 Perencanaan *Link*

*Link* dapat mengalami geser dan lentur, sehingga dapat mengalami kelelahan akibat geser atau akibat lentur. Berikut adalah perencanaan *link* berdasarkan AISC 341-10.

a. Persyaratan

*Link* harus berupa profil I/WF, profil *built-up*. Penggunaan HSS (*Hollow Steel Section*) tidak diperkenankan untuk digunakan sebagai profil pada *Link*. *Link* juga harus memenuhi persyaratan pada tabel D1.1 AISC 341-10 sebagai prasyarat profil dengan daktilitas tinggi. Pelat badan dari *link* harus berupa pelat tunggal tanpa pelat pengganda dan tanpa penetrasi. Untuk perencanaan *Link* yang memiliki dimensi profil yang lebih kecil terhadap balok induk,



maka penggunaan sambungan *full-moment connection* pada kedua ujung *Link* dengan menggunakan *end-plate*.

b. Kekuatan Geser *Link*

Mengacu pada peraturan AISC 341-10, untuk kapasitas kekuatan geser pada link diberi batas-batas sebagai berikut:

- Kelelehan Geser

$$V_n = V_p \quad (3.74)$$

Dimana:

$$V_p = 0,6f_y A_{lw} \text{ untuk } P_r/P_c \leq 0,15$$

$$V_p = 0,6f_y A_{lw} \sqrt{1 - (P_r/P_c)^2} \text{ untuk } P_r/P_c > 0,15$$

$$A_{lw} = (d - 2t_f)t_w \text{ untuk profil I}$$

$$A_{lw} = 2(d - 2t_f)t_w \text{ untuk profil box link}$$

$$P_r = P_u \text{ (LRFD) atau } P_a \text{ (ASD), disesuaikan}$$

$$P_u = \text{kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban LRFD, kips (N)}$$

$$P_a = \text{kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban ASD, kips (N)}$$

$$P_c = P_y \text{ (LRFD) atau } P_y/1,5 \text{ (ASD), disesuaikan}$$

$$P_y = \text{kekuatan aksial nominal} = F_y A_g$$

- Kelelehan Lentur

$$V_n = \frac{2M_p}{e} \quad (3.75)$$

Dimana:

$$M_p = F_y Z \text{ untuk } P_r/P_c \leq 0,15$$

$$M_p = F_y Z \left( \frac{1 - P_r/P_c}{0,85} \right) \text{ untuk } P_r/P_c > 0,15$$

$e$  = panjang link, didefinisikan sebagai jarak bersih diantara ujung akhir dari bresing diagonal atau diantara bresing diagonal dan permukaan kolom, in. (mm)

- Panjang *Link*

Jika  $P_r/P_c > 0,15$ , panjang dari link harus dibatasi dengan persamaan sebagai berikut:

Ketika  $\rho' \leq 0,5$

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \quad (3.76)$$



Ketika  $\rho' > 0,5$

$$e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} (1,15 - 0,3\rho') \quad (3.77)$$

Dimana:

$$\rho' = \frac{P_r/P_c}{V_r/V_c}$$

$V_r = V_u$  (LRFD) atau  $V_a$  (ASD), disesuaikan, kips (N)

$V_u$  = kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban LRFD, kips (N)

$V_a$  = kekuatan geser perlu menggunakan kombinasi beban ASD, kips (N)

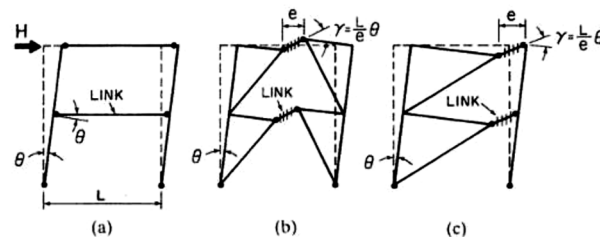
$V_c = V_y$  (LRFD) atau  $V_y/1,5$  (ASD), disesuaikan, kips (N)

$V_y$  = kekuatan geser nominal =  $0,6F_yA_{lw}$

Untuk link dengan gaya aksial kecil tidak ada batasan panjang link.

Batasan hanya pada sudut rotasi link. Namun, dalam pemodelan ini menggunakan *link* pendek.

- Sudut Rotasi *Link*



Besarnya sudut rotasi link dengan persamaan sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{L}{e} \theta \quad (3.78)$$

Dimana:

$\gamma$  = rotasi *link*

$L$  = panjang balok (m)

$e$  = panjang *link* (m)

$\theta$  = radian

Berdasarkan AISC 341-10, sudut rotasi *link* adalah sudut inelastis antara link dan bagian balok di luar link pada saat simpangan antar lantai sama dengan simpangan antar lantai rencana,  $\Delta_M$ . Sudut rotasi *link* tidak boleh melebihi harga-harga berikut:

1) Untuk link dengan panjang  $1,6M_p/V_p$  atau kurang: 0,08 rad



2) Untuk link dengan panjang  $2,6M_p/V_p$  atau lebih: 0,02 rad

Dimana:

$M_p$  = kekuatan momen plastis, kip-in (N-mm)

$V_p$  = kekuatan geser plastis, kips (N)

Interpolasi linear diantara nilai diatas harus digunakan untuk link dengan panjang diantara  $1,6M_p/V_p$  dan  $2,6M_p/V_p$ .

- Pengaku *Link* untuk Profil I/WF

Di titik pertemuan dengan batang bresing, pada Link harus dipasang pengaku setinggi badan Link dan berada di kedua sisi pelat badan Link. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari  $(b_f - 2t_w)$  dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar dari  $0,75t_w$  atau 10 mm, dimana  $b_f$  dan  $t_w$  adalah lebar pelat sayap dan tebal pelat badan Link.

Pengaku badan antara harus direncanakan pada Link dengan ketentuan sebagai berikut:

- (1) Link dengan panjang  $1,6M_p/V_p$  atau kurang harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak melebihi harga-harga berikut:  $(30t_w - d/5)$  untuk Sudut Rotasi Link 0,08 radian, atau  $(52t_w - d/5)$  untuk Sudut Rotasi Link  $\leq 0,02$  radian. Interpolasi linier digunakan untuk Sudut Rotasi Link di antara 0,08 radian dan 0,02 radian;
- (2) Link dengan panjang di antara  $2,6M_p/V_p$  dan  $5M_p/V_p$  harus direncanakan memiliki pengaku antara berspasi  $1,5b_f$  dari setiap ujung Link;
- (3) Link dengan panjang di antara  $1,6M_p/V_p$  dan  $2,6M_p/V_p$  harus direncanakan memiliki pengaku antara yang memenuhi ketentuan butir (1) dan butir (2) di atas;

Link dengan panjang lebih besar dari  $5M_p/V_p$  tidak memerlukan pengaku antara. Pengaku antara pada Link harus direncanakan setinggi pelat badan. Pengaku Link dengan tinggi profil lebih kecil dari 635 mm hanya diperlukan pada salah satu sisi pelat badan Link. Ketebalan pengaku satu sisi tersebut tidak boleh lebih kecil dari harga terbesar di antara  $t_w$  atau 10 mm, dan lebarnya tidak boleh lebih kecil dari  $(b_f/2 -$



$t_w$ ). Untuk Link dengan tinggi profil lebih besar daripada 635 mm, pengaku antara harus direncanakan pada kedua sisi dari pelat badan Link.

- Batang Bresing dan Balok diluar *Link*

Kekuatan perlu batang bresing beserta sambungan, balok diluar link, dan kolom harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *link* sebesar  $1,25R_yV_n$  untuk profil I. Dan momen yang terjadi pada ujung

link sebesar  $\frac{e(1,25R_yV_p)}{2}$

### 3.7.3.2 Perencanaan Bresing

#### 1. Kontrol Tekuk Lokal Penampang

Profil baja harus dikontrol kelangsingan penampangnya untuk menentukan apakah profil tersebut kompak, non-kompak, atau langsing. Untuk kolom digunakan profil King-Cross.

- Badan (Web)

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompak}$$

$$\lambda_p < \frac{h}{t_w} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Non-Kompak}$$

$$\frac{h}{t_w} > \lambda_r \rightarrow \text{Langsing}$$

- Sayap (Flens)

$$\frac{b}{2t_f} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Kompak}$$

$$\lambda_p < \frac{b}{2t_f} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Non-Kompak}$$

$$\frac{b}{2t_f} > \lambda_r \rightarrow \text{Langsing}$$

Nilai  $\lambda_p$  dan  $\lambda_r$  untuk web dan flens dapat dilihat dalam Tabel B4.1a pada SNI 1729-2015.

#### Keterangan :

$h$  = tinggi bruto profil King-Cross

$b$  = lebar bruto sayap profil King-Cross

$t_w$  = tebal badan profil King-Cross

$t_f$  = tebal sayap profil King-Cross

$\lambda_p$  = batas rasio kelangsingan untuk penampang kompak

$\lambda_r$  = batas rasio kelangsingan untuk penampang langsing



## 2. Kontrol Kelangsingan Elemen Struktur

Untuk elemen struktur yang memikul beban tekan aksial disyaratkan angka kelangsingannya tidak boleh melebihi 200.

$$\frac{KL}{r} \leq 200 \quad (3.79)$$

**Keterangan :**

$K$  = faktor panjang efektif sesuai jenis tumpuan

$L$  = panjang tanpa bresing lateral elemen struktur

$r$  = jari-jari girasi penampang

## 3. Kontrol Kapasitas Tekan Aksial Elemen Struktur

Untuk elemen struktur berpenampang nonlansing (kompak atau non-kompak) yang memikul beban tekan aksial harus didesain berdasarkan kondisi batas tekuk lentur.

$$P_u \leq \phi P_n \quad (3.80)$$

**Keterangan :**

$P_u$  = gaya tekan aksial terfaktor

$P_n$  = kapasitas tekan aksial nominal elemen struktur

$\phi$  = faktor ketahanan = 0,90

$\phi P_n$  = kapasitas desain tekan aksial elemen struktur

Kapasitas tekan aksial elemen struktur berdasarkan kondisi batas tekuk lentur adalah sebagai berikut :

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad (3.81)$$

$F_{cr}$  = tegangan tekuk kritis

$A_g$  = luas bruto profil King-Cross

Tegangan tekuk kritis  $F_{cr}$  ditentukan dengan :

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ maka } F_{cr} = 0,658 \left( \frac{F_y}{F_e} \right) \quad (3.82)$$

$$\text{Bila } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ maka } F_{cr} = 0,877 F_e \quad (3.82)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \quad (3.83)$$



## BAB IV

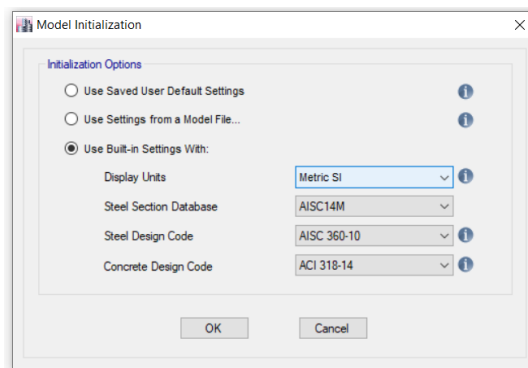
# TUTORIAL PEMODELAN STRUKTUR

### 4.1 Pendahuluan

Dalam tutorial ini, penulis akan menyampaikan dengan menggunakan program bantu ETABS 2016. Tutorial ini bertujuan untuk membantu pembaca dalam merepresentasikan perencanaan struktur ke dalam program bantu analisa struktur gedung, khususnya ETABS 2016. Oleh karena itu, pembaca setidaknya memiliki pengetahuan dasar terkait dengan pemodelan mereka sendiri, dalam hal ini adalah baja struktural dan sistem *Eccentrically Braced Frames* (EBF), serta memahami prinsip analisa struktur dan juga perilaku setiap elemen struktur.

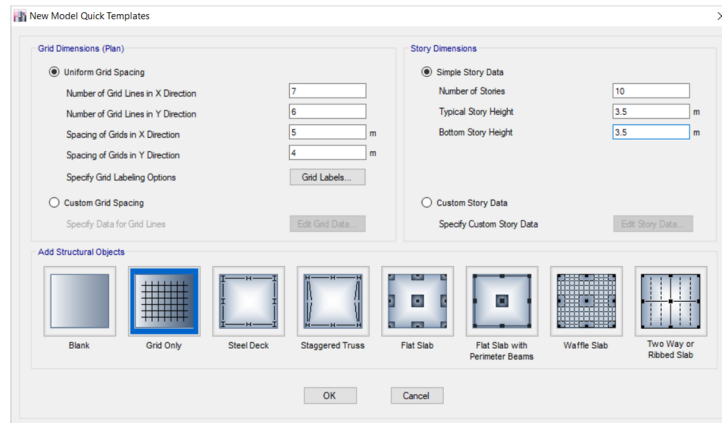
#### 4.1.1 Setting Project dan Grid Lines

Pilihlah New Model dari tampilan utama pada ETABS. Sebagai pembanding dari SAP2000, satuan unit diberikan demi meminimalisir kesalahan pengguna dalam menginput data. Penulis menggunakan satuan SI sebagai acuan dan peraturan yang dipergunakan adalah AISC 341-14M dan AISC 361-10 untuk desain baja struktural, serta ACI 318-14 untuk desain beton.



**Gambar 4.1** Pengaturan satuan pada ETABS

Ada 2 item yang perlu diinput dalam grid yakni **Plan**, untuk bidang X dan Y, dan **Story** untuk bidang Z. Dalam perencanaan, ditentukan sebagai berikut:



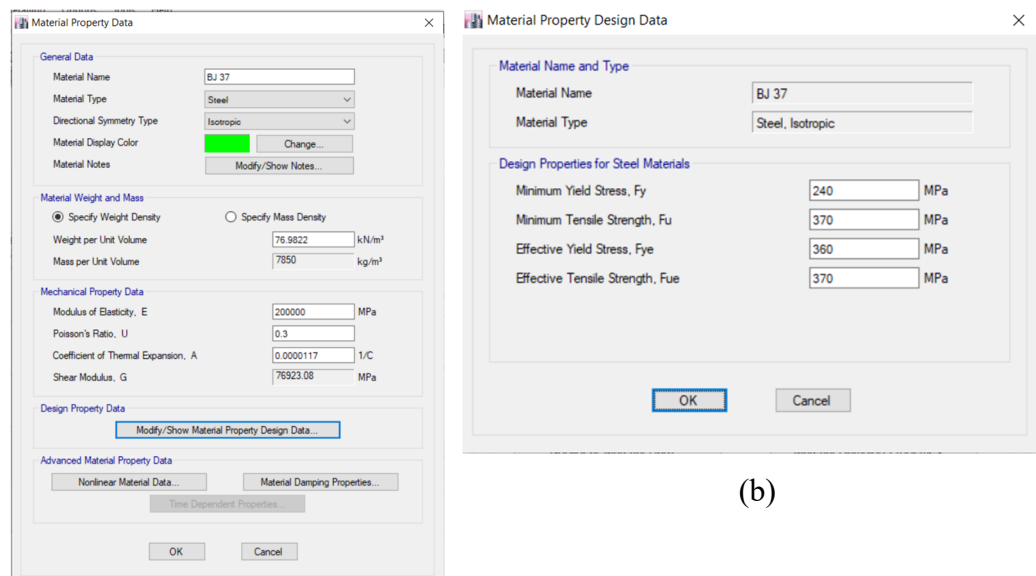
**Gambar 4.2** Pengaturan Grid Lines pada ETABS

#### 4.1.2 Material

Untuk material, disini penulis menginput material Baja BJ 37 untuk profil baja dan material beton yang menggunakan mutu beton  $f'_c$  30 MPa untuk pelat.

##### 1. Material Baja

Pilih Define>Material Properties>Add New Material. Pilih region user dan tipe material *steel*. Setelah ok, input data material seperti gambar dibawah. Sebagai catatan, karena  $R_y$  untuk BJ 37 adalah 1.5, maka tegangan efektif leleh harus dikali dengan  $R_y$ .



(a)

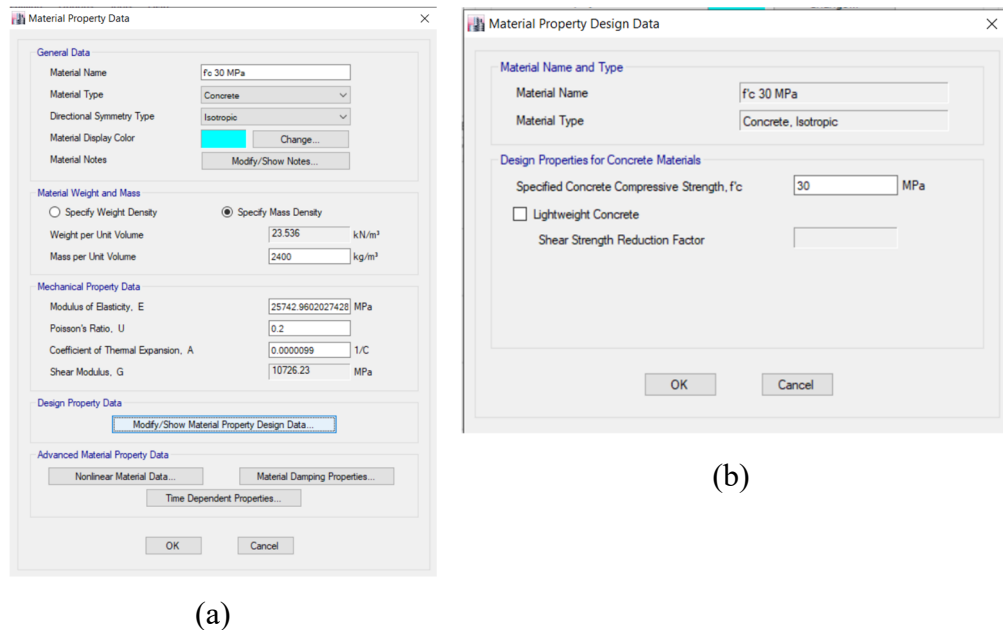
(b)

**Gambar 4.3** Pengaturan material baja pada ETABS





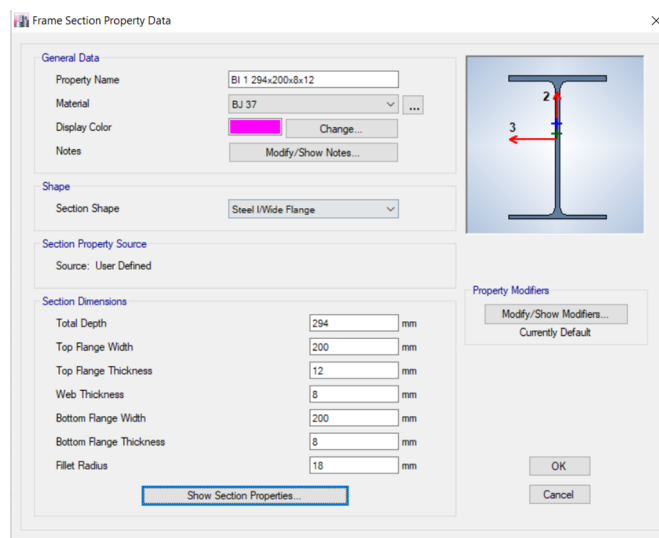
## 2. Material Beton



**Gambar 4.4** Pengaturan material beton pada ETABS

### 4.1.3 Frame & Slab Sections

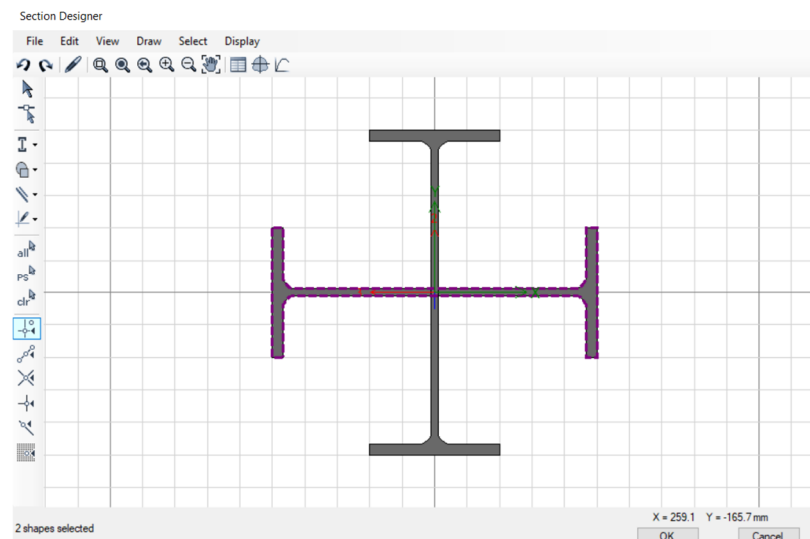
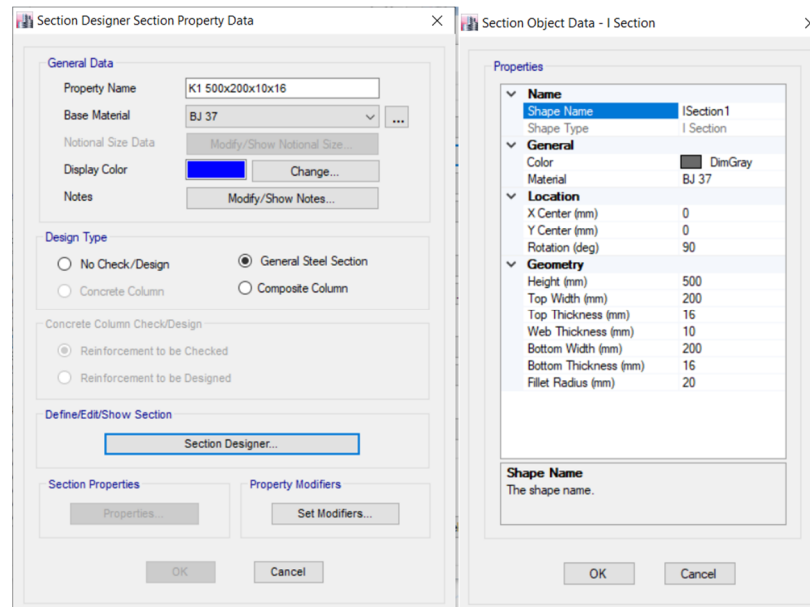
Frame dan slab di define sesuai dengan *preliminary design* yang telah ditetapkan. Pilih Define>Section Properties>Frame Sections untuk menginput profil baja. Lalu klik Add New Property dan pilihlah Steel I/Wide Flange. Gunakan data profil dalam menginput dimensi profil. Sebagai catatan, kelebihan ETABS dibandingkan dengan SAP2000 adalah adanya radius girasi diantara flens dan web yang bisa diinput sehingga output ETABS akan sesuai dengan kontrol yang telah ditetapkan dalam AISC 341-14M dan 360-10.



**Gambar 4.5** Frame section properties

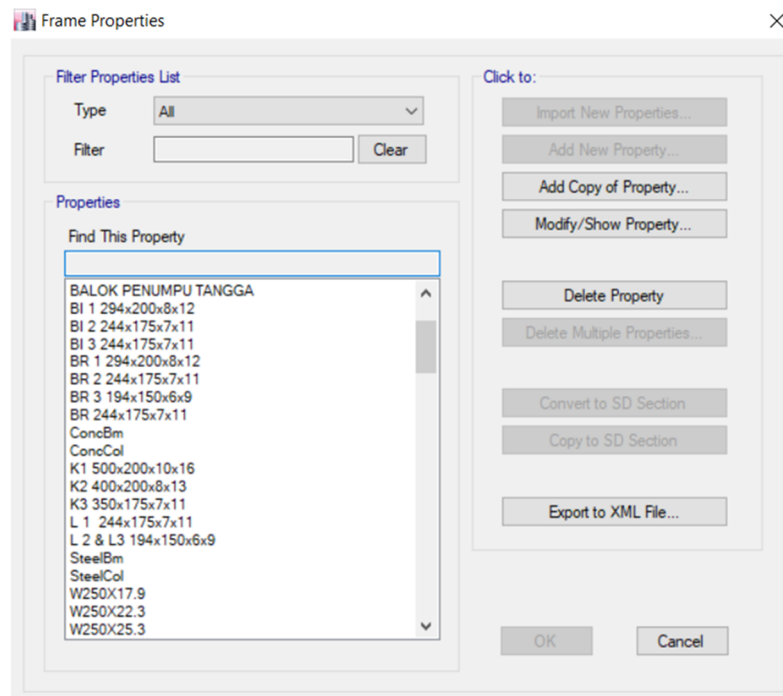


Khusus untuk kolom, dikarenakan pemilihan profil *Cruciform* (Kingcross), maka pada Add New Property, pilihlah Section Designer. Masukan data kolom pada Define-Section Designer pada area grid yang diberikan. Sebagai catatan, buatlah 2 profil WF, dengan salah satu profilnya dirotasi 90 derajat.



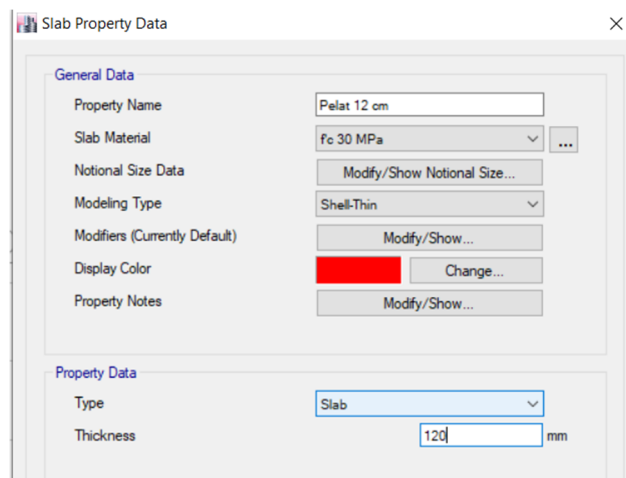
(c)

**Gambar 4.6** *Section Designer* untuk *Cruciform*



**Gambar 4.7** *Frame Properties*

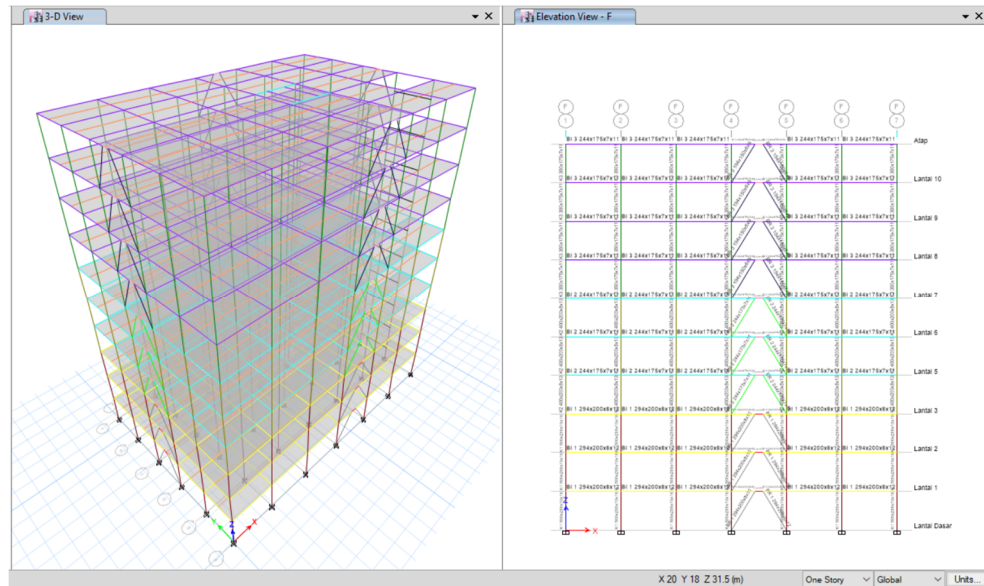
Untuk pelat pilih Define>Section Properties>Slab Sections. Pilih Add New Property dan input data slab sesuai dengan *preliminary design* yang telah ditetapkan.



**Gambar 4.8** *Slab Properties*

## 4.2 Pemodelan Struktur

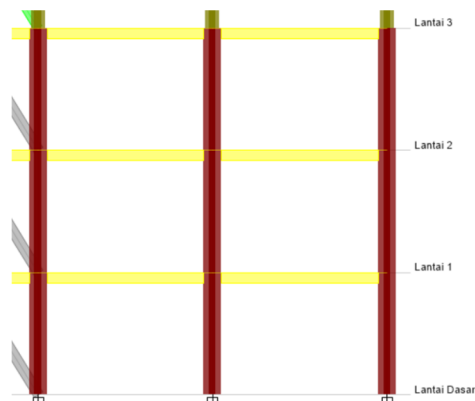
Berikut adalah gambar pemodelan sesuai dengan design yang telah direncanakan.



**Gambar 4.9** Tampilan pemodelan gedung pada ETABS

Dalam memodelkan struktur, penulis mempertimbangkan beberapa faktor penting dalam memodelkan struktur, yakni

#### 4.2.1 Insertion Point



**Gambar 4.10** Insertion point

Kelebihan ETABS dibanding SAP2000 adalah ETABS dapat merencanakan penempatan posisi frame dan slab sesuai seperti perencanaan pemodelan pada gambar perencanaan dengan memanfaatkan fitur Insertion Point. Dalam mengatur Insertion Point, pilihlah frame yang akan disesuaikan penempatannya. Klik Assign>Frame>Insertion Point. Setel Cardinal point sesuai dengan perencanaan. Jangan lupa untuk unchecked pada “Do not transform” supaya hasil penempatan frame berpengaruh terhadap perilaku profil. Untuk slab pilihlah Assign>Shell>Insertion Point.



Frame Assignment - Insertion Point

Cardinal Point

10 (Centroid)

☐ Mirror about Local 2

☐ Mirror about Local 3

Frame Joint Offsets from Cardinal Point

Coordinate System Local

	End-I	End-J	
1	0	0	mm
2	0	0	mm
3	0	0	mm

☒ Do not transform frame stiffness for offsets from centroid for non-P/T floors

Reset Defaults

OK Close Apply

(a)

Shell Assignment - Insertion Point

Cardinal Point

Cardinal Point Top

Joint Offset Options

☒ No Joint Offsets - Delete Any Existing Joint Offsets

☐ Joint Offsets from Cardinal Point at Selected Point Objects that are Corner Points of Selected Shell Objects

☐ Joint Offsets Specified Point-By-Point from Cardinal Point

Point Number

Point Label; Point Unique Name

Offset Coordinate System (Applies to All Offset Joints)

Coordinate System

Joint Offsets

Joint offset in shell object local 1 direction

Joint offset in shell object local 2 direction

Joint offset in shell object local 3 direction

☒ Do not transform shell stiffness for offsets from centroid for non-P/T floors

Reset Form to Default Values

Get Values from Currently Selected Shell Object

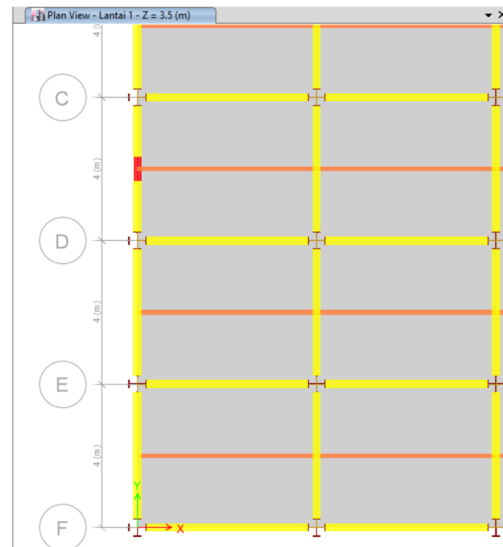
OK Close Apply

(b)

**Gambar 4.11** *Insertion point* pada pelat dan balok

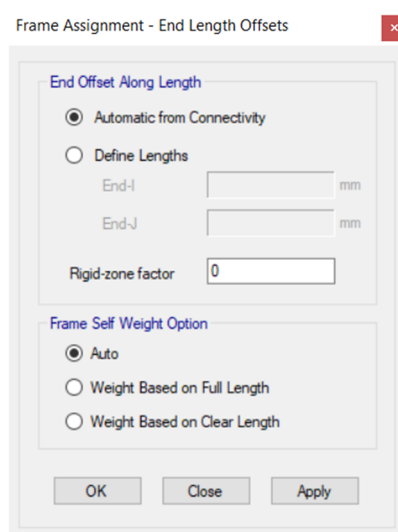


#### 4.2.2 End Length Offsets



**Gambar 4.12** *End length offsets*

Dalam mendefinisikan frame, sering kali kita menemukan bahwa sambungan antar balok atau HBK memiliki frame yang saling bertumpuk. Dengan fitur End Length Offsets, hal tersebut dapat dicegah. Pilihlah frame yang memiliki hubungan antar profil yang bertumpuk, Assign>Frame>End Length Offsets. Jika ingin menyesuaikan ukuran profil, pilihlah Automatic from Connectivity, lalu OK. Sebagai catatan, Rigid-Zone Factor adalah kesesuaian terhadap pemasangan sambungan yang terjadi pada sambungan antar profil. Rigid-zone factor memiliki interval 0 sampai 1. Karena pemodelan diasumsikan sempurna, input 0.

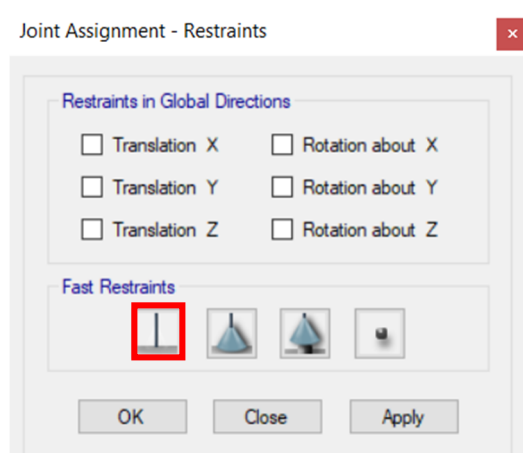


**Gambar 4.13** Pengaturan *End Length Offsets*



### 4.2.3 Joint Restraints

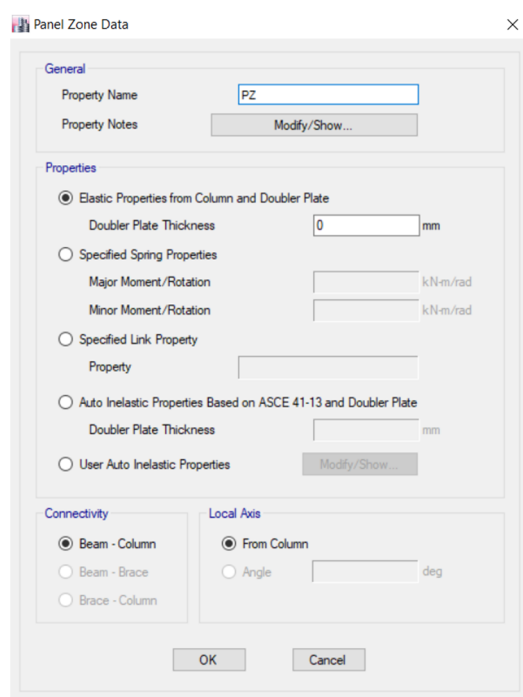
Jangan lupa untuk memasukan perletakan diujung kolom lantai dasar dengan memilih Assign>Joint>Joint Restraints. Pilihlah tipe jepit (Fixed).



**Gambar 4.14** Pengaturan perletakan pada ETABS

### 4.2.4 Panel Zone

Fitur Panel Zone digunakan untuk merepresentasikan kekakuan hubungan balok kolom (HBK) yang berbeda dengan kekakuan kolom. Pilih joint dari HBK yang ingin diinput Panel Zone, lalu klik Assign>Joint>Panel Zone. Masukkan data sesuai gambar dibawah. Sebagai catatan, Doubler Plate Thickness dimasukan 0 mm dikarenakan pada HBK tidak menggunakan Doubler Plate.

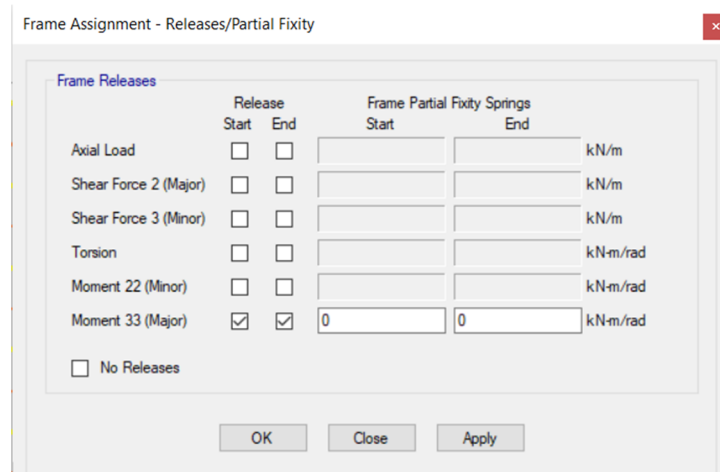


**Gambar 4.15** Panel zone pada ETABS



#### 4.2.5 Releases/Partial Fixity

Pada balok anak, jangan lupa untuk me-*release* momen M3 pada ujung balok dikarenakan balok anak menumpu pada balok induk dengan menggunakan simple moment connection. Sehingga, tidak ada momen pada ujung balok anak. Pilih semua balok anak pada pemodelan, klik Assign>Frame>Releases/Partial Fixity. Release momen major pada kedua ujung balok anak dan input Frame Partial Fixity sebesar 0 kN/m.



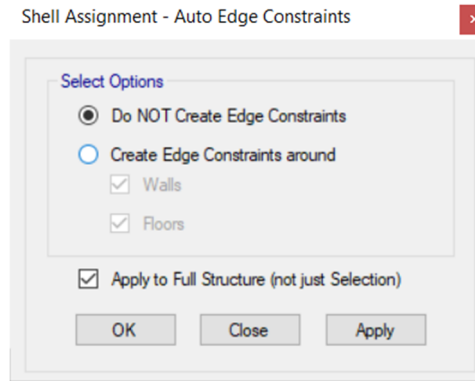
**Gambar 4.16** *Releases/Partial Fixity*

#### 4.2.6 Edge Constraints

Pada perencanaan ini, slab tidak menyumbang kekakuan pada struktur karena slab di define sebagai non-composite section (penulis mendefinisikan pelat sebagai slab untuk beban, bukan deck yang didesain secara komposit). Karena slab hanya sebagai beban, maka pada pengaturan edge constraints harus dimatikan.

Pilih semua slab, lalu Assign>Shell>Auto Edge Constraints. Pilih Do Not Create Edge Constraints, lalu OK.

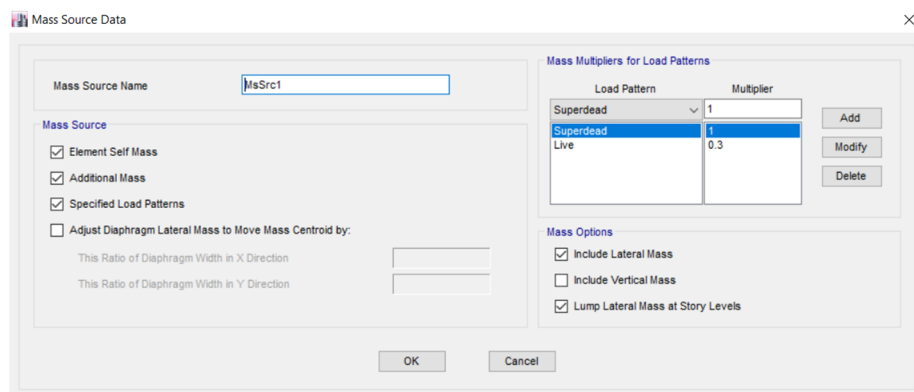


**Gambar 4.17** *Auto Edge Constraints*

## 4.3 Input Beban

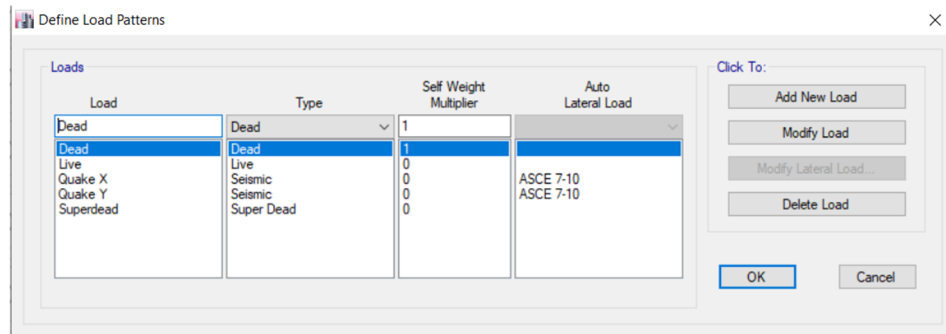
### 4.3.1 Mass Source

Dalam pemodelan struktur, ada istilah yang disebut Mass Source. Mass Source menunjukkan beban gravitasi dari struktur yang berkontribusi menjadi gaya geser seismik. Penulis merencanakan mass source yang terdiri dari 1D, 1SDL, dan 0,3L. Penulis memasukan beban live 0.3L pada mass source dikarenakan saat terjadi gempa, harapannya Sebagian besar sudah meninggalkan gedung. Input mass source dengan memilih Define>Mass Source. Masukkan data seperti dibawah.

**Gambar 4.18** *Mass Source*

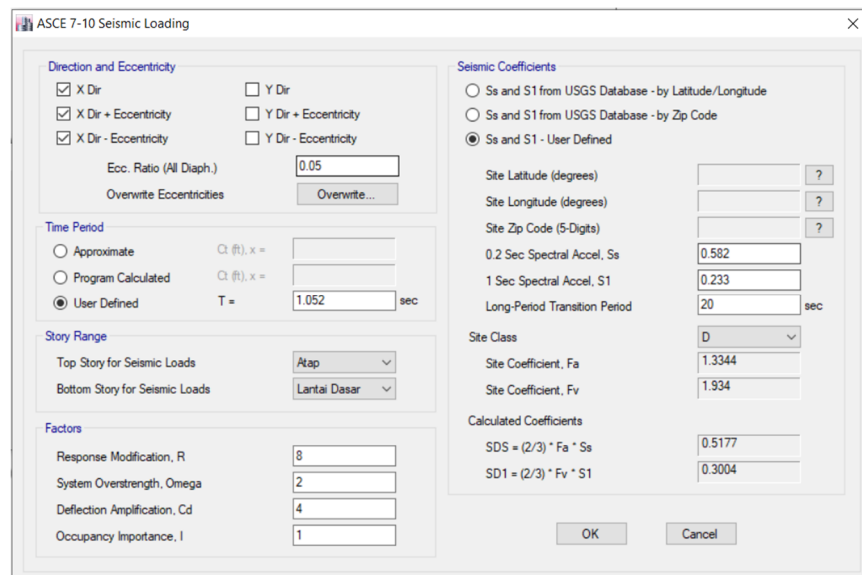
### 4.3.2 Load Patterns

Input jenis beban yang diberikan kedalam pemodelan. Disini penulis memasukan beban yang terdiri dari berat sendiri (Dead), berat mati diluar struktur (Superdead), beban hidup (live), dan beban gempa (quake). Pilih Define>Load Pattern. Masukkan data seperti dibawah.



**Gambar 4.19** Tampilan menu *Load Pattern* pada ETABS

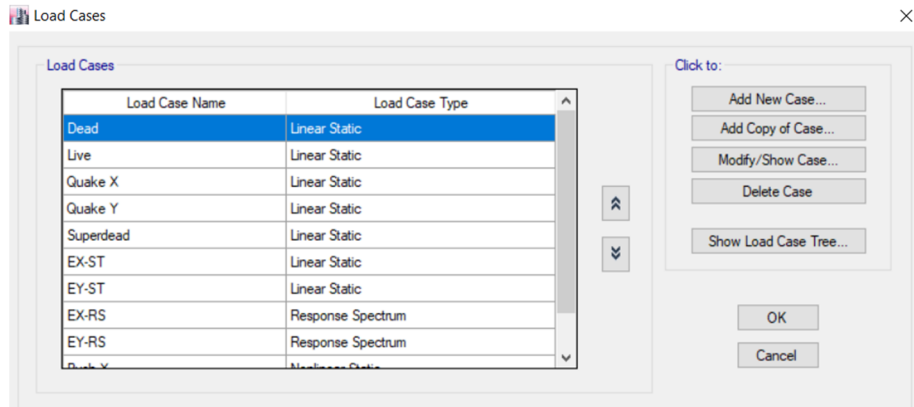
Self-weight multiplier selain beban mati (Dead) dimasukkan 0. Dikarenakan, Superdead, Live, dan Quake dimasukkan sendiri bebannya. Dan pada ETABS, beban gempa bisa dimasukkan dalam load pattern yang disesuaikan dengan ASCE 7-10 (setara dengan SNI 1726-2019). Input  $S_s$ ,  $S_1$ ,  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega$  sesuai data perencanaan. Untuk arah bisa menginput X untuk beban arah x dan Y untuk arah Y.



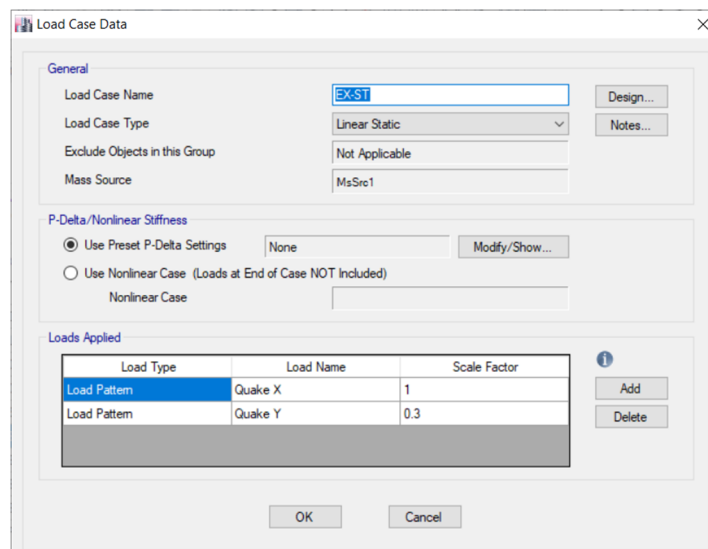
**Gambar 4.20** *Modify Lateral* data gempa pada ETABS

#### 4.3.3 Load Cases dan Load Combinations

Pilih Define>Load Case. Set Load Case sesuai dengan beban yang direncanakan terhadap pemodelan. Untuk gempa jangan lupa untuk memasukkan scale factor pada acceleration dominan 1 dan acceleration non-dominan sebesar 0.3.

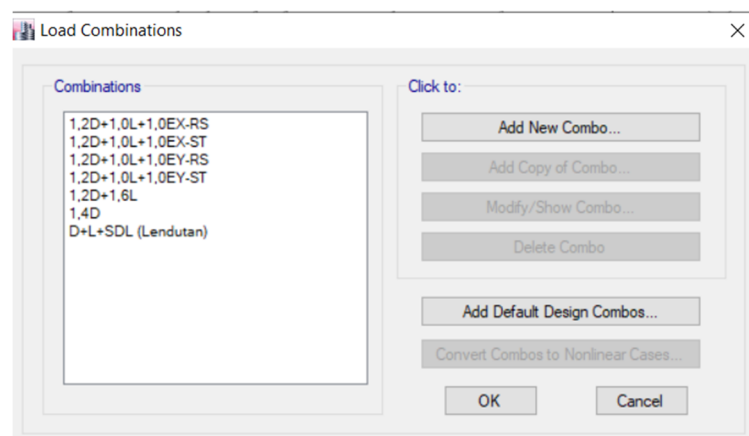


**Gambar 4.21** Tampilan menu *Load Case* pada ETABS



**Gambar 4.22** Set *Load Case* untuk gempa

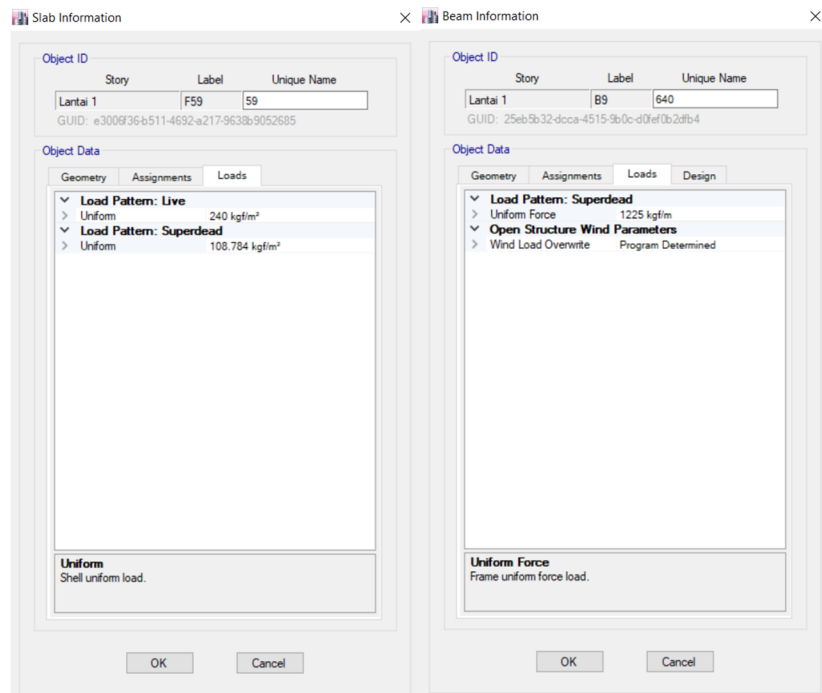
Pilih Define>Load Combinations. Disini penulis memasukkan kombinasi sesuai dengan beban yang telah direncanakan pada load case. Sebagai tambahan, untuk menganalisa lendutan ditambah kombinasi 1D+1SD+1L.



**Gambar 4.23** Tampilan menu *Load Combinations* pada ETABS



Setelah melakukan setting pembebanan, input beban pada pemodelan sesuai dengan apa yang telah direncanakan dari gambar perencanaan.



(a)

(b)

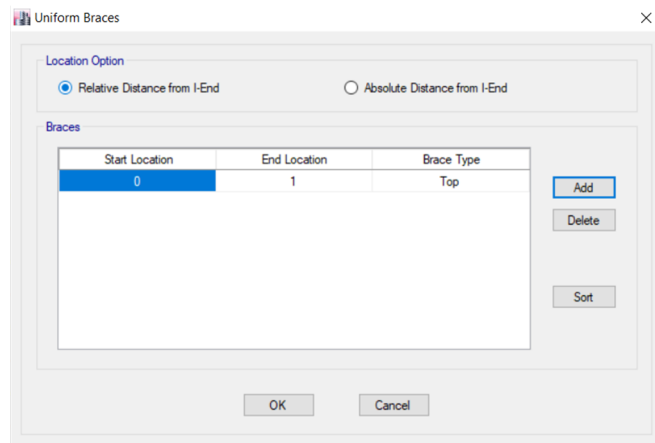
**Gambar 4.24** Contoh *output* pembebanan pada pelat dan balok

## 4.4 Analisa Pemodelan

Setelah memasukkan beban, saatnya mempersiapkan pemodelan untuk di analisa struktur.

### 4.4.1 Lateral Bracing

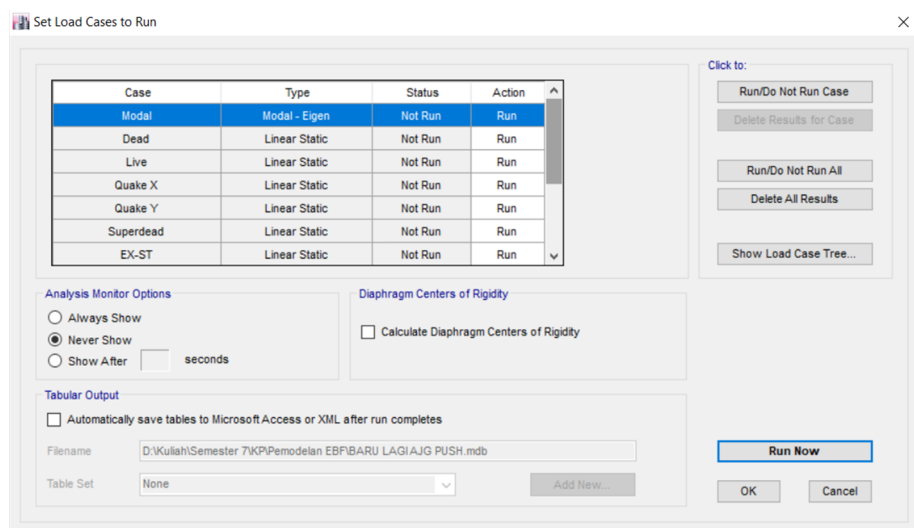
Karena pemodelan di setting secara steel frame design dengan shear connector, masukkan lateral bracing = 0. Pilih Design>Steel Frame Design>Lateral Bracing. Masukkan sesuai Gambar 4.25.



**Gambar 4.25** *Lateral Bracing*

#### 4.4.2 Set Load Case to Run

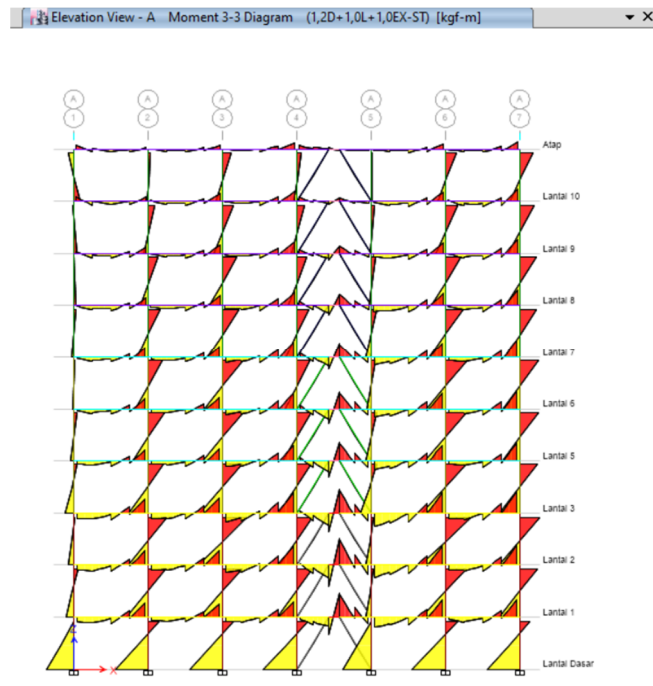
Setelah mengatur lateral bracing, pemodelan siap untuk dijalankan. Set semua Load Case untuk di run dengan memilih Analyze>Set Load Case to Run. OK.



**Gambar 4.26** *Set Load Case to Run*

#### 4.4.3 Moment Results

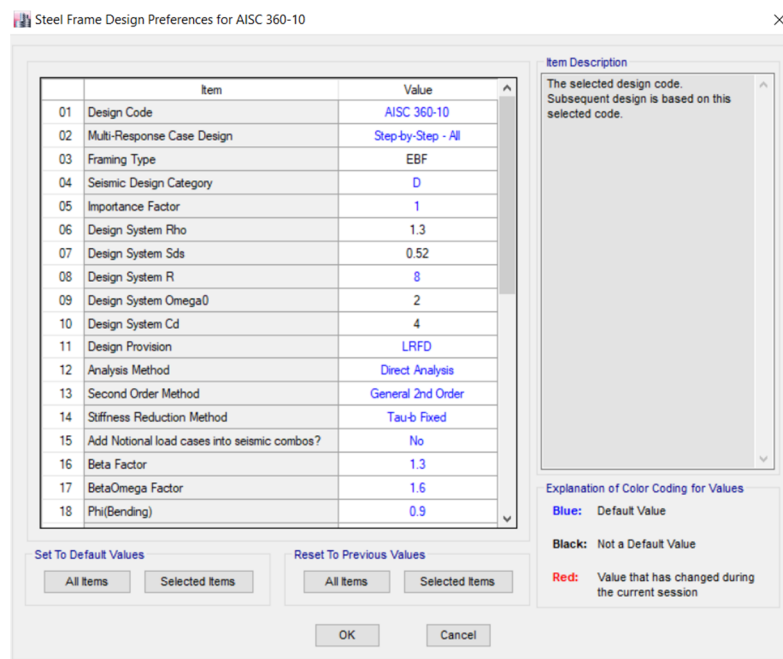
Berikut adalah hasil output dari pemodelan. Sebagai contoh, penulis disini hanya menampilkan hasil momen pada daerah EBF. Untuk fitur lainnya bisa mengakses di tempat serupa. Klik Frame Forces/Stress. Pilih Moment M3-3 lalu OK. Hasilnya seperti gambar dibawah.



**Gambar 4.27** *Moment Diagram* pada potongan bresing

#### 4.4.4 Check Steel Sections

Untuk mengecek desain dari baja struktural, pilih Steel Frame Design. Pada bagian View/Revises Preferences, masukkan data sesuai perencanaan. Untuk Design Combinations, input semua dari load combinations. Dan jalankan.

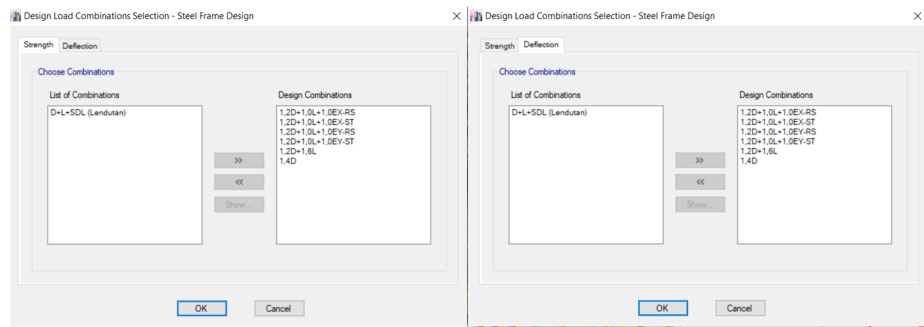


**Gambar 4.28** *View Revise/Preferences*



# LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK

## Tutorial Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural dengan Menggunakan Sistem *Eccentrically Braced Frames*

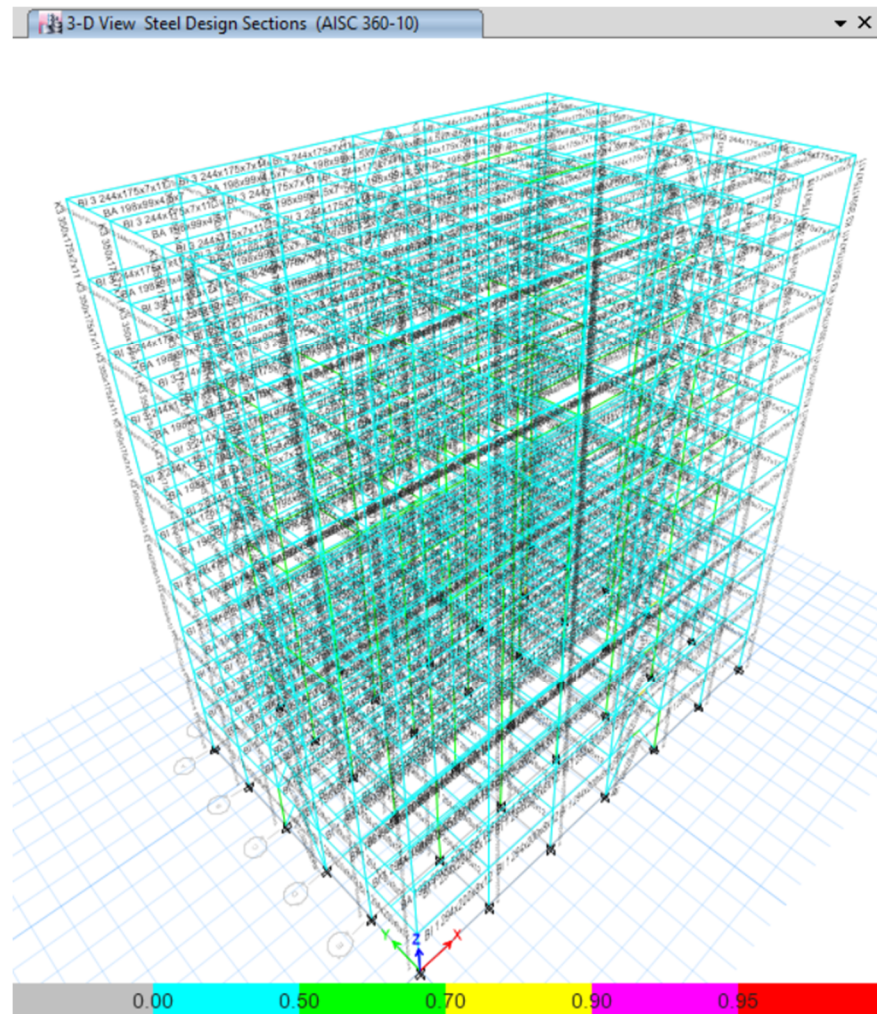


(a)

(b)

**Gambar 4.29** *Design Load Combinations Sections*

Berikut adalah hasil dari kontrol profil baja.



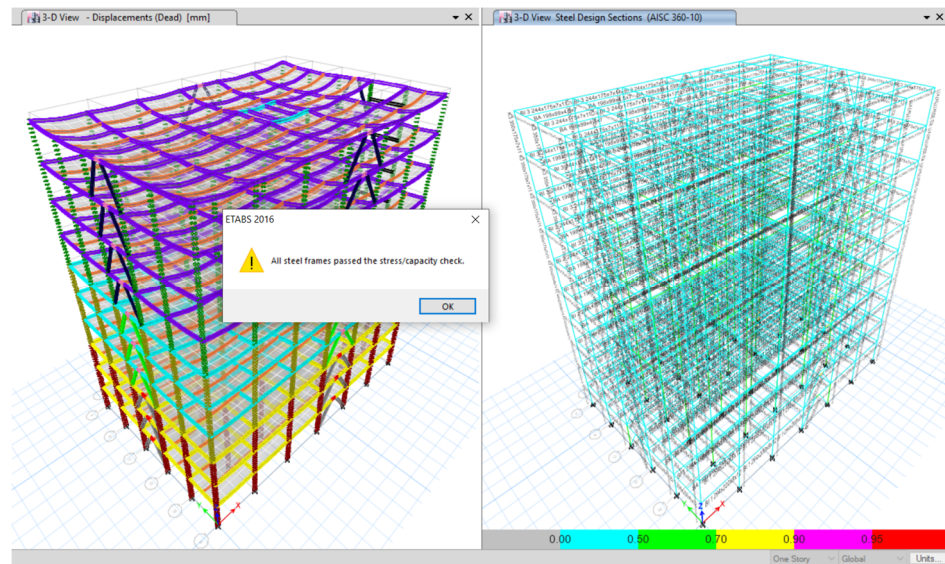
**Gambar 4.30** Hasil dari *check steel sections*



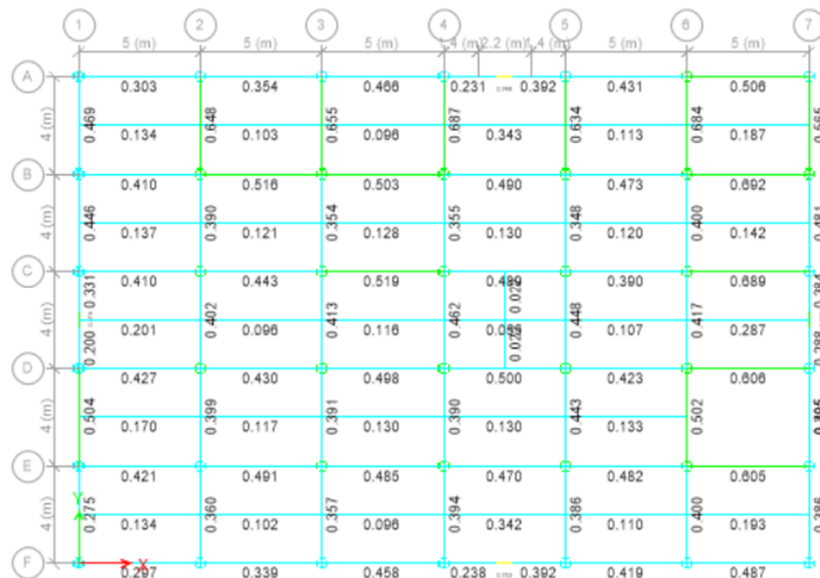


# LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK

## Tutorial Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural dengan Menggunakan Sistem *Eccentrically Braced Frames*



**Gambar 4.31** *stress/capacity check*



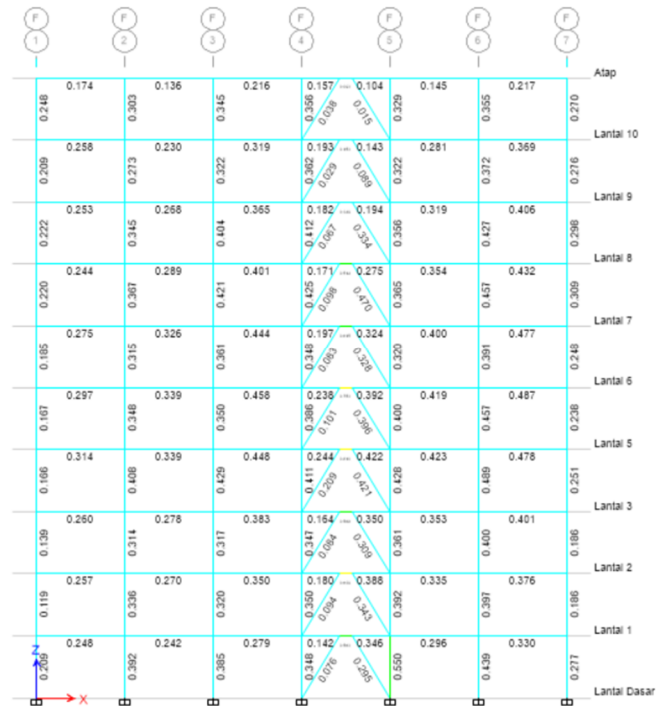
**Gambar 4.32** P-M Ratio Balok



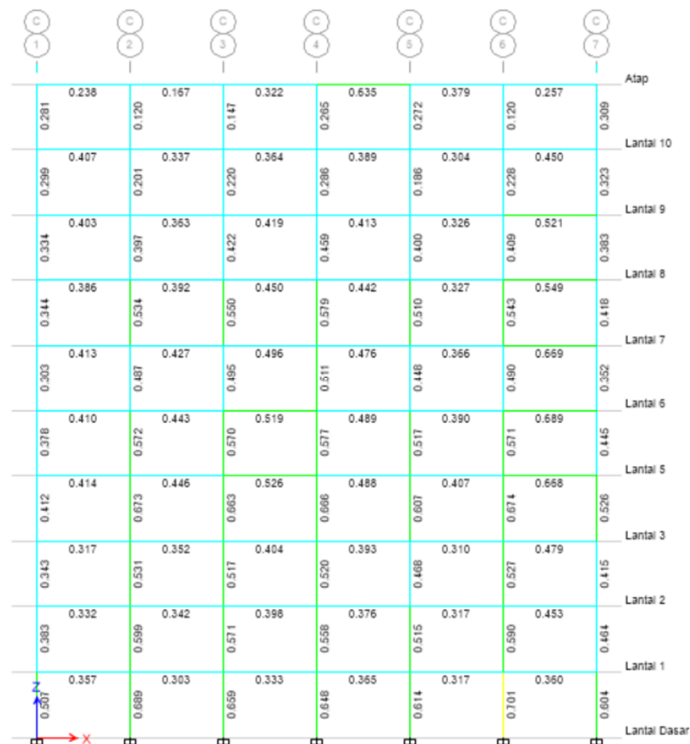


# LAPORAN TUGAS PENGANTI KERJA PRAKTEK

## Tutorial Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural dengan Menggunakan Sistem *Eccentrically Braced Frames*



(a)



(b)

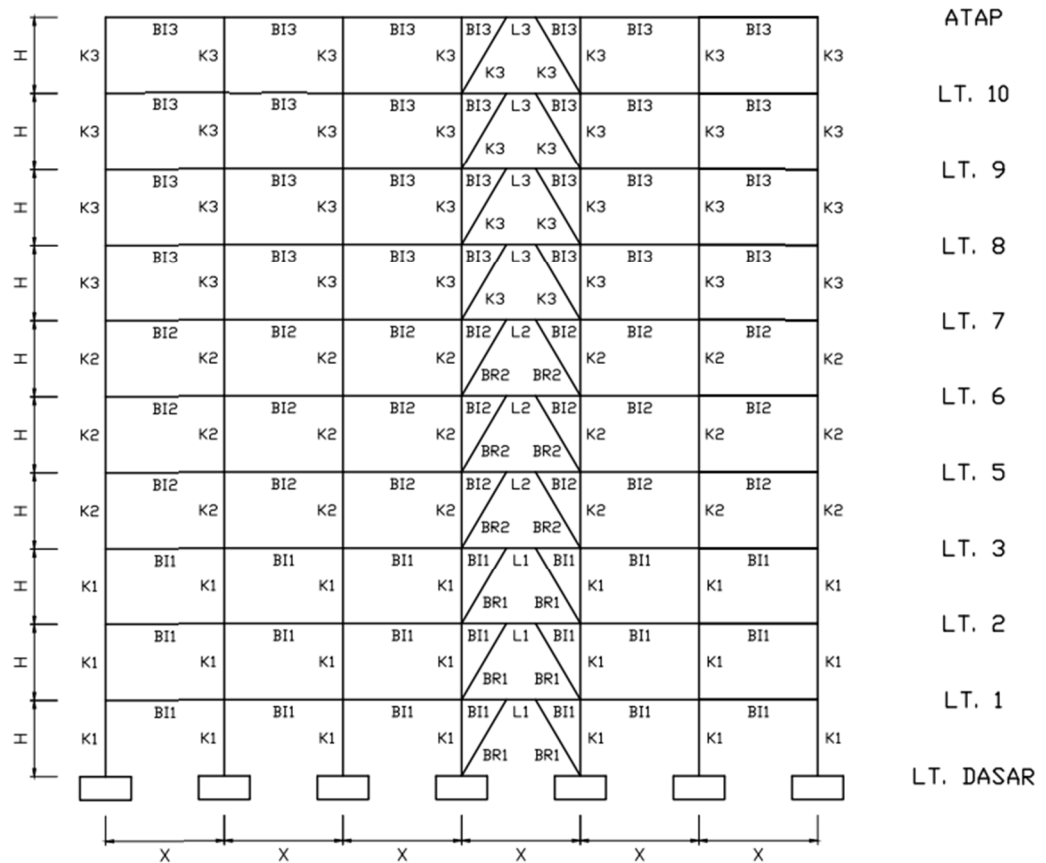
**Gambar 4.33 P-M Ratio Kolom dan B्रेसिंग**



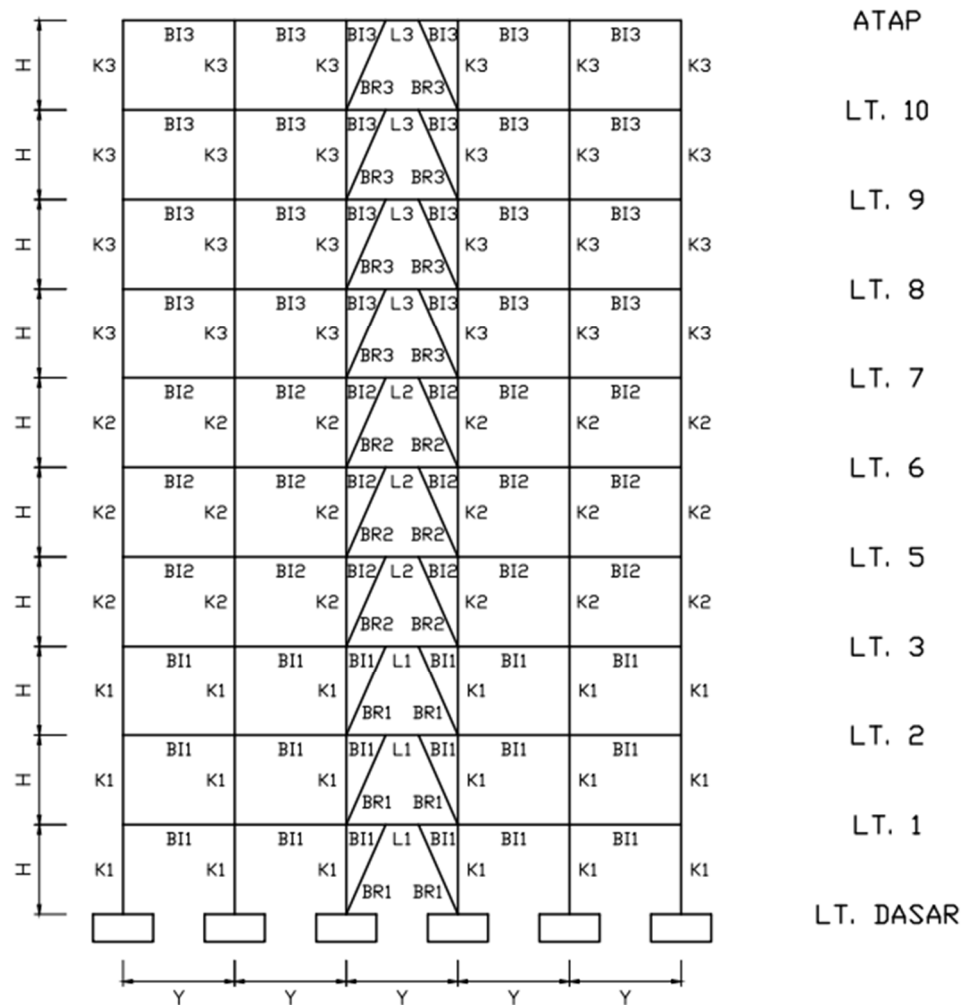
## BAB V

# PEMODELAN DAN ANALISA STRUKTUR

### 5.1 Pemodelan Struktur



**Gambar 5.1** Tampak Depan Pemodelan Gedung



**Gambar 5.2** Tampak Samping Pemodelan Gedung

Dari Gambar 5.1 dan 5.2 diatas dapat dijelaskan bahwa pemodelan struktur mengikuti kaidah rancangan pemodelan diatas yang akan dibahas dalam subbab berikut.

### 5.1.1 Pemodelan Struktur Primer

Dalam pemodelan struktur ini, terdapat berbagai penggunaan section yang dirancang. Balok Induk menggunakan profil WF dan Kolom menggunakan profil *King-Cross*. Profil balok induk terbagi menjadi 3 jenis yaitu Balok Induk 1, 2, dan 3. Balok Induk 1 menempati lantai (*story*) 1, 2, dan 3. Balok Induk 2 menempati lantai (*story*) 5, 6, dan 7. Untuk Balok Induk 3 menempati lantai 8,9,10 dan atap. Sama seperti Balok Induk, profil Kolom terbagi menjadi 3 jenis yaitu Kolom 1, 2, dan 3. Kolom 1 menempati lantai dasar, 1, dan 2. Kolom 2 menempati lantai 3, 5, dan 6. Dan Kolom 3 menempati lantai 7, 8, 9, dan 10. Adapun ukuran dari profil dilampirkan dalam Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Profil Struktur Primer

Profil Struktur Primer
Kolom K1 Kingcross 500x200x10x16
Kolom K2 Kingcross 400x200x8x13
Kolom K3 Kingcross 350x175x7x11
Balok Induk BI 1 WF300x200x8x12
Balok Induk BI 2 WF250x175x7x11
Balok Induk BI 3 WF250x175x7x11

### 5.1.2 Pemodelan Struktur Sekunder

Untuk pemodelan struktur sekunder, direncanakan balok anak, balok bordes, balok utama tangga, balok penumpu tangga, pengaku anak tangga (profil C), balok penggantung lift, balok penumpu lift, pelat anak tangga, dan pelat bondeks. Adapun ukuran dari masing masing profil dan pelat yang tertera dalam Tabel 5.2 dan Tabel 5.3.

**Tabel 5.2** Profil Struktur Sekunder

Profil Struktur Sekunder
Balok Anak BA WF200x100x4,5x7
Balok Utama Tangga WF250x125x5x8
Balok Penumpu Tangga WF250x125x5x8
Balok Bordes WF100x50x5x7
Balok Penggantung Lift WF250x175x7x11
Balok Penumpu Lift WF 250x175x7x11
Pengaku Anak Tangga L50x50x5

**Tabel 5.3** Dimensi Pelat

Dimensi Pelat
Pelat Anak Tangga, $t = 3$ mm (Baja)
Pelat Bordes, $t = 5$ mm (Baja)
Pelat Bondek, $t = 120$ mm (Deck+Beton)

### 5.1.3 Pemodelan Bracing

Untuk pemodelan bracing, direncanakan 3 tipe bracing yang masing masing penamaan profilnya menyesuaikan dari kolom. Adapun ukuran profil dari masing masing bracing yang tertera pada Tabel 5.4.



**Tabel 5.4** Dimensi Pelat

Profil Bresing
Bresing BR 1 WF300x200x8x12
Bresing BR 2 WF250x175x7x11
Bresing BR 3 WF200x150x6x9

#### 5.1.4 Pemodelan Link

Untuk pemodelan link, direncanakan 3 tipe link yang masing masing penamaan profilnya menyesuaikan dari kolom. Adapun ukuran profil dari masing masing link yang tertera pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5** Profil *Link*

Profil Link
Link L1 WF250x175x7x11
Link L2 WF200x150x6x9
Link L3 WF200x150x6x9

#### 5.2 Pembebanan Struktur

Dalam merencanakan pembebanan struktur, pembebanan diaplikasikan dengan menerapkan peraturan SNI 1726:2019 dan beberapa brosur tambahan, serta tabel profil baja yang tertera dalam Tabel 5.6 dan Tabel 5.7:

**Tabel 5.6** Beban Gravitasi

BEBAN GRAVITASI	
Standar Pembebanan	RSNI 1727 201X
<b>Beban Mati (D)</b>	
Berat sendiri struktur	Self weight
<b>Beban Mati Luar (SD)</b>	
Plat Lantai Beton 12 cm	Self weight
Tegel 1 cm	24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi 1 cm	21 kg/m <sup>2</sup>
Bondeks	17.284 kg/m <sup>2</sup>
Plafond + Penggantung	6.5 kg/m <sup>2</sup>
Ducting & Plumbing	40 kg/m <sup>2</sup>
q SD	108.784 kg/m <sup>2</sup>
w SD = Dinding Precast Wall 30 cm	1225 kg/m
Fasad Kaca 20 mm Tinggi 3,5 m	175.7 kg/m
<b>Beban Hidup (L)</b>	
q Kantor	240 kg/m <sup>2</sup>
q WC / Toilet	287 kg/m <sup>2</sup>
q Ruang Penyimpanan	479 kg/m <sup>2</sup>
q Koridor Lantai Pertama	479 kg/m <sup>2</sup>
q Koridor di atas Lantai Pertama	383 kg/m <sup>2</sup>
q Atap	96 kg/m <sup>2</sup>

**Tabel 5.7** Berat Profil

BERAT PROFIL		
K1	179.2	kg/m
K2	132	kg/m
K3	99.2	kg/m
BI 1	56.8	kg/m
BI 2	44.1	kg/m
BI 3	44.1	kg/m
BA	18.2	kg/m
BR 1	56.8	kg/m
BR 2	44.1	kg/m
BR 3	30.6	kg/m
L1	44.1	kg/m
L2	30.6	kg/m
L3	30.6	kg/m
Balok Penumpu Tangga	25.7	kg/m
Balok Penggantung Lift	44.1	kg/m
Balok Penumpu Lift	44.1	kg/m

Untuk detail pembebanan tertera pada lampiran. Dan berikut merupakan rekapitulasi beban struktur berdasarkan jenis beban yang disajikan dalam Tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Rekapitulasi Pembebanan Struktur

Rekapitulasi Pembebanan Struktur			
Jenis Beban	Berat (kg), manual	Berat (kg), ETABS	Perbedaan (%)
D	2009519.255	1995718.038	0.69
SDL	2562752.12	2568927.8	0.24
L	1839426.18	1839426.18	0.00

Dapat disimpulkan bahwa struktur memiliki beban mati (D) sebesar 2009519,255 kg, beban mati diluar profil struktur (*Superdead Load*, SDL) sebesar 2562752,12 kg, dan beban hidup (L) sebesar 1839426,18 kg.

### 5.3 Respon Spektrum

#### Data Bangunan

Fungsi Bangunan → Perkantoran

Lokasi → Kota Madiun

Lebar = 20 m

Panjang = 30 m

Tinggi = 35 m

Sistem Rangka → Eccentrically Braced Frame

Kelas Situs = SD

#### Parameter Respons Spektrum

Kategori Resiko → II untuk fungsi bangunan perkantoran (Tabel 3 SNI 1729-2019)



Faktor Keutamaan Gempa  $\rightarrow 1,0$  untuk kategori resiko II (Tabel 4 SNI 1729-2019)

Dari situs <http://petagempa.pusjatan.pu.go.id/> tahun 2020 didapat :

$$S_s = 0,582 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,233 \text{ g}$$

Dari Tabel 6 SNI 1729-2019 untuk kelas situs SD didapat :

$$F_a = 1,334 \text{ (interpolasi linier)}$$

Dari Tabel 7 SNI 1729-2019 untuk kelas situs SD didapat :

$$F_v = 2,134 \text{ (interpolasi linier)}$$

Pasal 6.2 SNI 1729-2019:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,334 \cdot 0,582 = 0,777 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 2,134 \cdot 0,233 = 0,497 \text{ g}$$

Pasal 6.3 SNI 1729-2019:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot 0,777 = 0,518 \text{ g}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot 0,497 = 0,331 \text{ g}$$

Tabel 12 SNI 1729-2019:

Untuk sistem rangka baja dengan bresing eksentris

$$R = 8$$

$$\Omega_0 = 2$$

$$C_d = 4$$

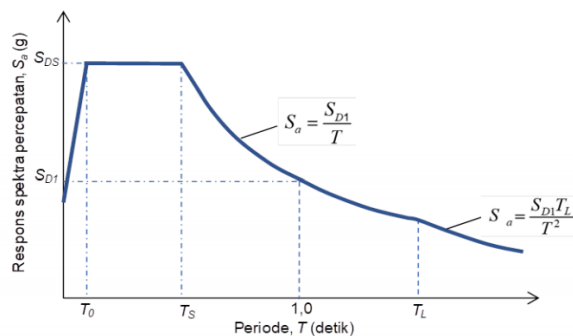
Pasal 6.4 SNI 1729-2019:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,331}{0,518} = 0,128 \text{ s}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,331}{0,518} = 0,640 \text{ s}$$

$$T_L = 20 \text{ s (diambil dari Gambar 20 Lampiran SNI 1729-2019)}$$

Pembentukan Kurva Respons Spektrum sesuai Gambar 5.3.



**Gambar 5.3** Grafik Respons Spektrum (SNI 1726:2019)



$T$  = Periode (detik)

$S_a$  = Respons spectra percepatan (g)

$$\text{Untuk } T \leq T_0 \rightarrow S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) = 0,518 \cdot \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{0,128} \right)$$

$$\text{Untuk } T_0 \leq T \leq T_S \rightarrow S_a = S_{DS} = 0,518 \text{ s}$$

$$\text{Untuk } T_S \leq T \leq T_L \rightarrow S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,331}{T}$$

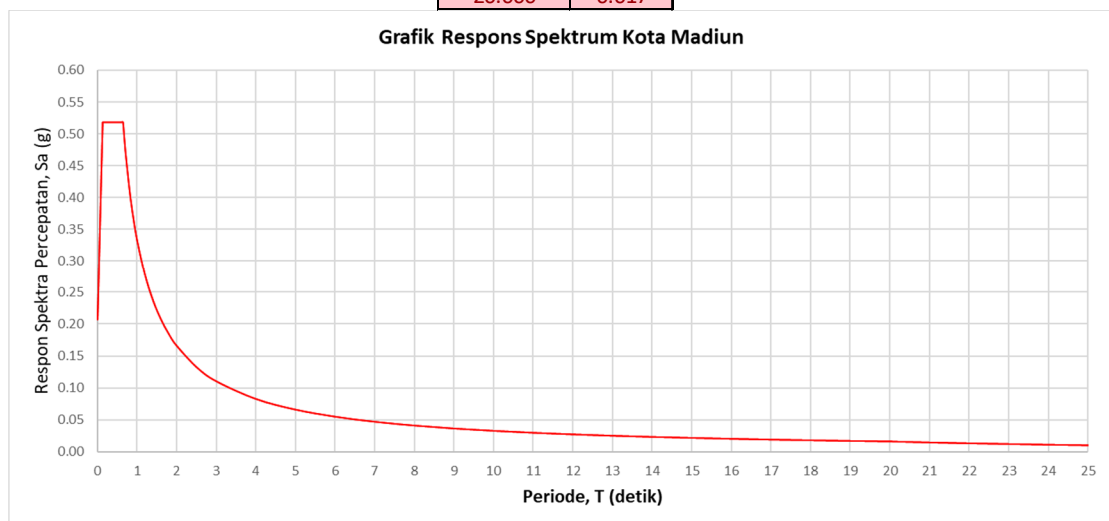
$$\text{Untuk } T > T_L \rightarrow S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2} = \frac{0,331 \cdot 20}{T^2} = \frac{6,62}{T^2}$$





**Tabel 5.9** Nilai T terhadap  $S_a$

Periode (T)	$S_a$ (g)	Periode (T)	$S_a$ (g)	Periode (T)	$S_a$ (g)
0.000	0.207	1.200	0.276	20.100	0.016
0.020	0.256	1.400	0.237	20.200	0.016
0.040	0.304	1.600	0.207	20.300	0.016
0.060	0.353	1.800	0.184	20.400	0.016
0.080	0.401	2.000	0.166	20.500	0.016
0.100	0.450	2.500	0.133	21.000	0.015
0.120	0.498	3.000	0.110	22.000	0.014
0.128	0.518	4.000	0.083	23.000	0.013
0.128	0.518	5.000	0.066	24.000	0.012
0.200	0.518	6.000	0.055	25.000	0.011
0.250	0.518	7.000	0.047	26.000	0.010
0.300	0.518	8.000	0.041	27.000	0.009
0.350	0.518	9.000	0.037	28.000	0.008
0.400	0.518	10.000	0.033	29.000	0.008
0.450	0.518	11.000	0.030	30.000	0.007
0.500	0.518	12.000	0.028		
0.550	0.518	13.000	0.025		
0.600	0.518	14.000	0.024		
0.640	0.518	15.000	0.022		
0.700	0.474	16.000	0.021		
0.810	0.409	17.000	0.019		
0.900	0.368	18.000	0.018		
1.000	0.331	19.000	0.017		
		20.000	0.017		



**Gambar 5.4** Grafik Respons Spektrum Kota Madiun

## 5.4 Kombinasi Pembebanan Struktural

Untuk mengamati perilaku struktur, maka digunakan pembebanan yang tertera pada SNI 1726:2019 Pasal 4.2.2.2 untuk metode ultimit. Adapun kombinasi pembebanan yang diterapkan kepada pemodelan adalah sebagai berikut:

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L



3.  $1,2D + 1,0L + 1,0E$  (Ex dan Ey)

## 5.5 Analisa Struktur

### 5.5.1 Kontrol Pembebanan Struktur

Dalam memodelkan struktur didalam program bantu, rasio perbedaan kedua perhitungan (manual dan ETABS 2016) tidak boleh melebihi 5%. Berikut adalah data yang terlampir dari kedua perhitungan:

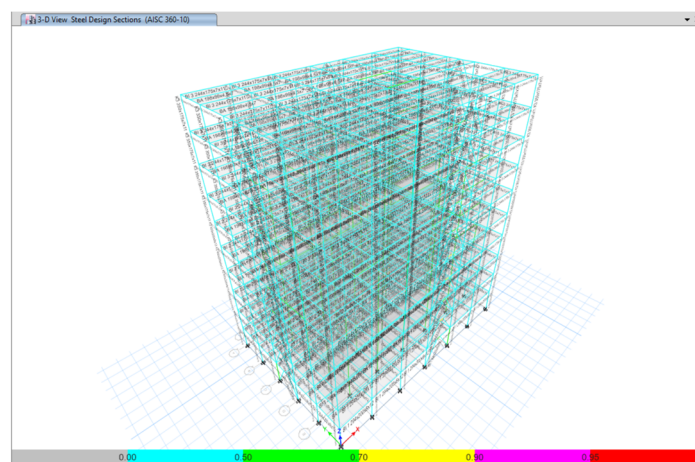
**Tabel 5.10** Perhitungan Manual Berat Struktur vs ETABS

Rekapitulasi Pembebanan Struktur			
Jenis Beban	Berat (kg), manual	Berat (kg), ETABS	Perbedaan (%)
D	2009519.255	1995718.038	0.69
SDL	2562752.12	2568927.8	0.24
L	1839426.18	1839426.18	0.00

Dari Tabel 5.11, didapatkan perbedaan pada beban D sebesar 0,03%, beban SDL sebesar 0,61%, dan beban L 0%. Dikarenakan syarat terpenuhi, maka hasil output dari ETABS 2016 dapat dipakai untuk analisa struktur.

### 5.5.2 Kontrol Kapasitas Elemen Struktur

Untuk mengetahui apakah tiap elemen struktur mampu memikul berbagai kombinasi beban yang digunakan, maka perlu dilakukan kontrol kapasitas. Dengan menggunakan fitur “Steel Design/Check” pada ETABS 2016 bisa didapatkan rasio beban terhadap kapasitas tiap elemen struktur (P-M Ratio). Standar yang digunakan adalah AISC 360-10 karena ekivalen dengan SNI 1729:2015. Berikut adalah hasil cek kapasitas elemen struktur :



(a)



# LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK

## Tutorial Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural dengan Menggunakan Sistem *Eccentrically Braced Frames*



(b)



(c)

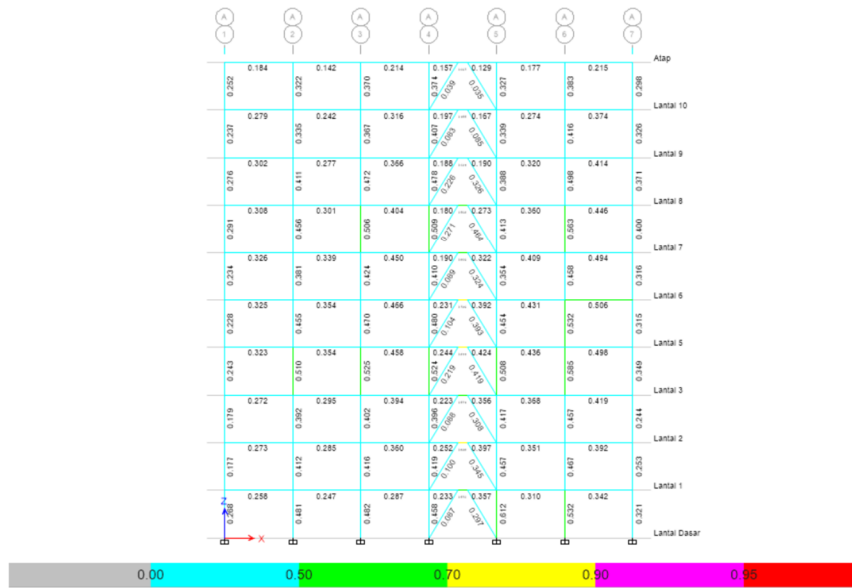
**Gambar 5.5** Output check steel sections pada: (a) 3D (b) (c) YZ Plane



# LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK

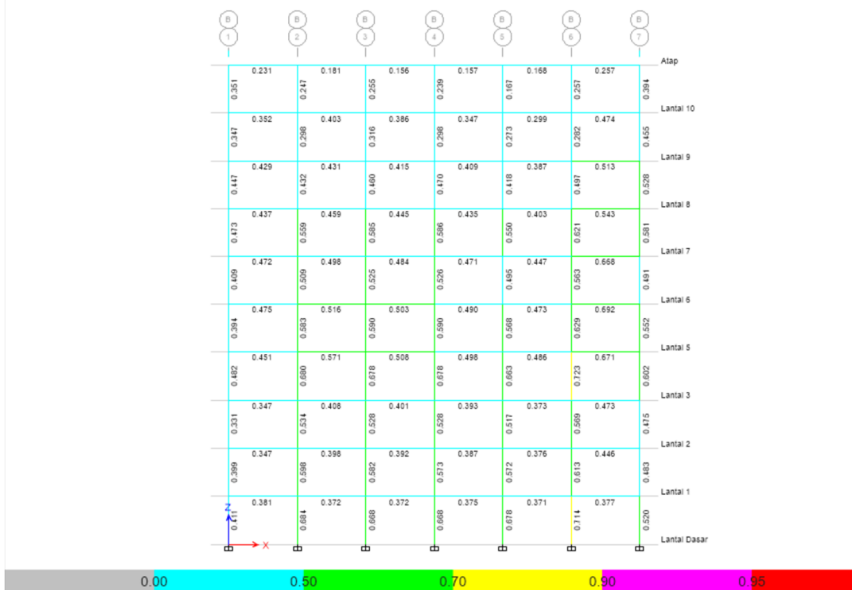
## Tutorial Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural dengan Menggunakan Sistem *Eccentrically Braced Frames*

Elevation View - A Steel P-M Interaction Ratios (AISC 360-10)



(a)

Elevation View - B Steel P-M Interaction Ratios (AISC 360-10)



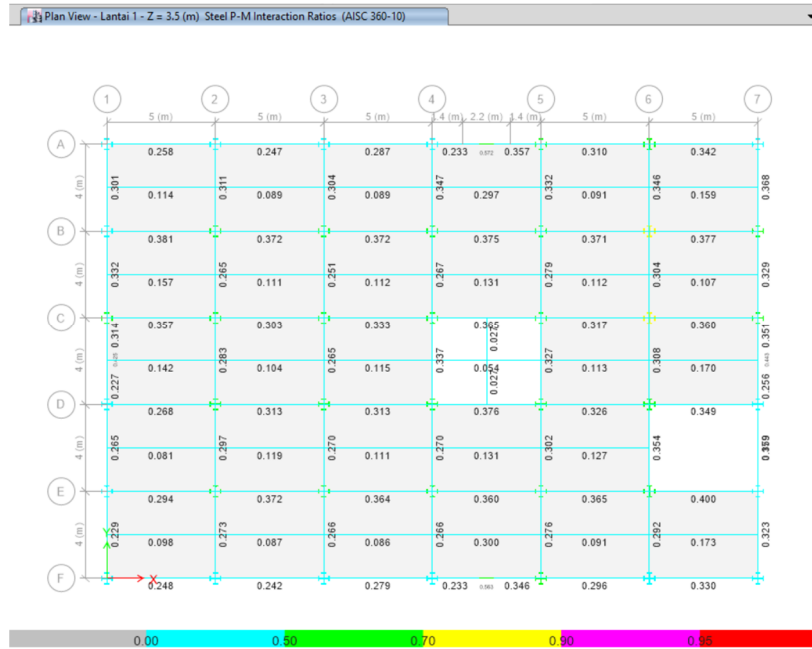
(b)

Gambar 5.6 Output check steel sections pada XZ Plane

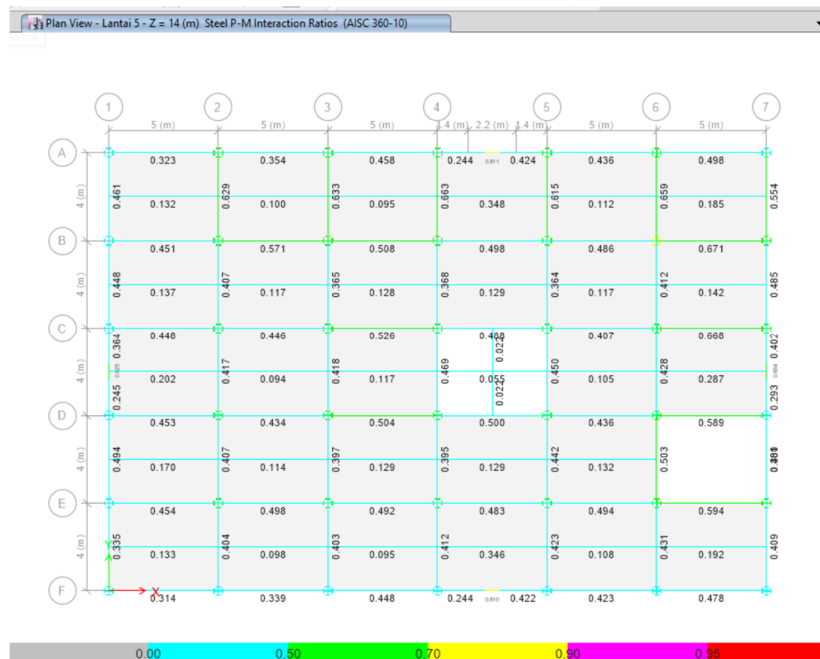


# LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK

## Tutorial Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural dengan Menggunakan Sistem *Eccentrically Braced Frames*

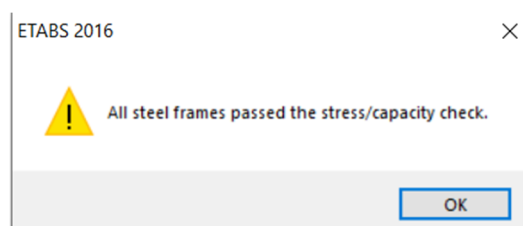


(a)



(b)

**Gambar 5.7** Output check steel sections pada XY Plane



**Gambar 5.8** View All Member Passed Stress/Capacity Check



Karena untuk tiap elemen struktur  $P-M \text{ Ratio} \leq 1,0$  maka dapat disimpulkan tiap elemen struktur mampu memikul beban dari semua kombinasi yang digunakan (**OK!**).

### 5.5.3 Kontrol Partisipasi Massa

Untuk pembebanan gempa, partisipasi massa bangunan yang ikut berkontribusi menjadi berat efektif seismik harus lebih dari 90%. Dari output “Modal Participation Ratio” pada ETABS 2016 didapatkan:

**Tabel 5.11** *Modal Participation Ratio*

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic	Kontrol	Kontrol
			%	%	Statik	Dinamik
Modal	Acceleration	UX	99.96	95.66	OK	OK
Modal	Acceleration	UY	99.97	96.09	OK	OK
Modal	Acceleration	UZ	0	0	NO	NO

Dari **Tabel 5.12**, partisipasi massa bangunan untuk arah X dan Y sudah melebihi 90%, maka dapat dikatakan nilai partisipasi massa gedung **OK!**.

### 5.5.4 Periode Getar Alami Struktur

Untuk menentukan periode getar alami struktur, diambil yang terkecil antara hasil pemodelan dan perhitungan sesuai SNI 1726-2019. Berikut adalah output “Modal Period & Frequencies” dari ETABS 2016 yang menunjukkan periode untuk tiap moda getar.

**Tabel 5.12** *Modal Period & Frequencies*

Case	Mode	T (s)
Modal	1	1.801
	2	1.787
	3	1.357
	4	0.627
	5	0.62
	6	0.471
	7	0.363
	8	0.358
	9	0.271
	10	0.256
	11	0.252
	12	0.193

Dari Tabel 5.13, diambil periode getar yang terbesar (dari Moda 1) yaitu  $T = 1,801$  s  
Menghitung periode fundamental pendekatan sesuai Pasal 7.8.2.1 SNI 1729-2019 :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

$$T_a = \text{periode fundamental pendekatan (s)}$$

$$h_n^x = \text{tinggi struktur (m)} = 35 \text{ m}$$

$$C_t = 0,0731 \text{ (Tabel 18 SNI 1729-2019)}$$

$$x = 0,75 \text{ (Tabel 18 SNI 1729-2019)}$$



$$T_a = 0,0731 \cdot 35^{0.75} = 1,052 \text{ s} < 1,801 \text{ s}$$

Karena periode fundamental pendekatan hasil perhitungan lebih kecil dari output pemodelan, maka periode getar struktur dapat diperkirakan sebesar  $C_u \cdot T_a$  (Pasal 7.8.2 SNI 1729-2019).

$$C_u = 1,4 \text{ (Tabel 18 SNI 1729-2019)}$$

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 1,052 = 1,473 \text{ s}$$

Maka periode getar struktur untuk desain dapat diambil sebesar **1,473 s**.

### 5.5.5 Kontrol Gaya Geser Seismik

Karena menggunakan pembebanan gempa dengan respons spektrum, maka gaya geser total yang dihasilkan oleh respons spektrum perlu dikontrol sehingga minimal sebesar 0,85 kali gaya geser total akibat pembebanan statik ekuivalen.

Untuk membandingkan gaya geser dinamik dan statik diperlukan reaksi perletakan dari model struktur yang bisa diperoleh lewat output “Base Reactions” ETABS 2016.

**Tabel 5.13** Base Reactions

Load Case	Type	FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)
D	Linear Static	0	0	1995718.038
SD	Linear Static	0	0	2568927.800
L	Linear Static	0	0	1839426.180
EX	Response Spectrum	182090.486	54627.146	0
EY	Response Spectrum	54627.146	182090.486	0

Dari Tabel 5.10 didapat gaya geser dinamik :

$$V_{dyn_x} = 182090,496 \text{ kg}$$

$$V_{dyn_y} = 182090,486 \text{ kg}$$

### Menghitung gaya geser statik sesuai Pasal 7.8.1 SNI 1729:2019

$$V_{sta} = C_s \cdot W$$

$$C_s = \text{koefisien repons seismik} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,518}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,065$$

$$T = 1,473 \text{ s}$$

$$T_L = 20 \text{ s}$$

Untuk  $T \leq T_L$ :

$$C_{smax} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,331}{1,473\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,028 < 0,065$$

Sehingga :

$$C_s = 0,028$$



Pasal 7.7.2 SNI 1729-2019 :

$$W = \text{berat efektif seismik} = W_D + W_{SD} + (0,25 \text{ s.d. } 1,0)W_L$$

Dari Tabel.... didapat :

$$W = W_D + W_{SD} + 1,0W_L = 1995718,038 + 2568927,800 + 1,0 \cdot 1839426,180$$

$$W = 6404072,018 \text{ kg}$$

$$V_{sta} = C_S \cdot W = 0,028 \cdot 6404072,018 = 180189,239 \text{ kg}$$

$$0,85 \cdot V_{sta} = 0,85 \cdot 180189,239 = 153160,853 \text{ kg}$$

Mengontrol nilai akhir respons spektrum :

$$V_{dyn_x} = 182090,496 \text{ kg} > 0,85V_{sta} = 153160,853 \text{ kg (OK!)}$$

$$V_{dyn_y} = 182090,486 \text{ kg} > 0,85V_{sta} = 153160,853 \text{ kg (OK!)}$$

Karena nilai akhir respons spektrum **OK!** untuk gempa arah X maupun arah Y, maka tidak diperlukan iterasi pembebanan gempa dengan skala pembesaran.

### 5.5.6 Kontrol *Story Drift*

Simpangan antar tingkat yang terjadi perlu dikontrol supaya tidak melebihi batas yang diijinkan karena simpangan yang berlebihan dapat mengakibatkan pembesaran momen yang signifikan pada struktur sehingga mempercepat terjadinya kegagalan. Sebagai contoh akan dikontrol simpangan antar tingkat atap terhadap lantai 10 untuk gempa arah X (load case EX). Sisanya akan disajikan dalam bentuk tabel.

Pasal 7.12.1 SNI 1729:2019:

$$\Delta \leq \Delta a$$

$\Delta$  = simpangan antar tingkat yang terjadi

$\Delta a$  = simpangan antar tingkat ijin =  $0,020 \cdot h_{sx}$  (Tabel 20 SNI 1729-2019)

$h_{sx}$  = tinggi tingkat dibawah tingkat  $x$  =  $3,50 \text{ m} = 3500 \text{ mm}$

$$\Delta a = 0,020 \cdot 3500 = 70 \text{ mm}$$

Output “Max Story Drift” ETABS 2016 untuk tingkat Atap terhadap lantai 10 :

$$\Delta u_1 = \text{simpangan antar tingkat arah X} = 2,626 \text{ mm} \leq 70 \text{ mm (OK!)}$$

$$\Delta u_2 = \text{simpangan antar tingkat arah Y} = 0,858 \text{ mm} \leq 70 \text{ mm (OK!)}$$

Berikut disajikan tabel hasil kontrol simpangan antar tingkat untuk gempa arah X (EX) maupun arah Y (EY).





**Tabel 5.14** Kontrol Simpangan Antar Tingkat Gempa Arah X (EX)

Tingkat	hsx (mm)	$\Delta$ (mm)		$\Delta a$ (mm)	Kontrol	
		U1	U2		U1	U2
Atap	3500	2.626	0.858	70	OK	OK
10	3500	4.332	1.400	70	OK	OK
9	3500	5.886	1.903	70	OK	OK
8	3500	7.087	2.289	70	OK	OK
7	3500	6.872	2.201	70	OK	OK
6	3500	7.333	2.353	70	OK	OK
5	3500	7.010	2.258	70	OK	OK
3	3500	5.343	1.689	70	OK	OK
2	3500	4.924	1.567	70	OK	OK
1	3500	3.131	1.002	70	OK	OK

**Tabel 5.15** Kontrol Simpangan Antar Tingkat Gempa Arah Y (EY)

Tingkat	hsx (mm)	$\Delta$ (mm)		$\Delta a$ (mm)	Kontrol	
		U1	U2		U1	U2
Atap	3500	0.930	2.763	70	OK	OK
10	3500	1.426	4.507	70	OK	OK
9	3500	1.888	6.126	70	OK	OK
8	3500	2.243	7.372	70	OK	OK
7	3500	2.170	7.079	70	OK	OK
6	3500	2.306	7.536	70	OK	OK
5	3500	2.191	7.200	70	OK	OK
3	3500	1.679	5.493	70	OK	OK
2	3500	1.540	5.045	70	OK	OK
1	3500	0.970	3.225	70	OK	OK

Berdasarkan Tabel 5.14 dan Tabel 5.15, dikarenakan simpangan antar tingkat untuk gempa arah X maupun Y pada tiap tingkat dibawah batas yang diijinkan, maka dapat disimpulkan struktur aman (**OK!**) dari pembesaran momen berlebihan akibat gempa.

## 5.6 Kontrol Elemen Struktur

### 5.6.1 Kontrol Link

Berikut adalah contoh kontrol balok link. Diambil contoh balok link yang paling kritis yaitu balok link L1 nomer B126 Lantai 2 dengan profil WF 250x175x7x11

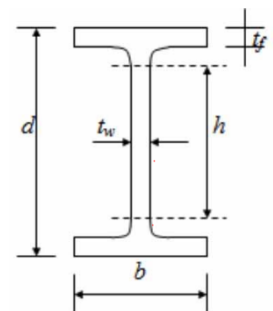
#### ➤ Data Profil

W	= 44,1 kg/m	$I_x$	= 6120 mm <sup>4</sup>
A	= 56,24 cm <sup>2</sup>	$I_y$	= 984 mm <sup>4</sup>
d	= 244 mm	$S_x$	= 502 cm <sup>3</sup>
$b_f$	= 175 mm	$S_y$	= 113 cm <sup>3</sup>
$t_w$	= 7 mm	$Z_x$	= 535 cm <sup>3</sup>
$t_f$	= 11 mm	$Z_y$	= 171 cm <sup>3</sup>
r	= 16 mm		

#### ➤ Data Material

BJ 37

$f_y$  = 240 MPa





$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

➤ **Output ETABS 2016**

$$M_u = 6108,136 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 16027,353 \text{ kg}$$

$$P_u = 7061,874 \text{ kg}$$

➤ **Menentukan Jenis Link**

✚ **Kapasitas Lentur Penampang (Pasal F2 SNI 1729-2015)**

Profil WF → Simetris Ganda, Flens Kompak, Web Kompak

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y = 535 \times (240 \times 10) \times 10^{-2} = 12840 \text{ kg.m}$$

✚ **Kapasitas Geser Penampang (Pasal G2.1 SNI 1729-2015)**

$$\Rightarrow M_n = M_p = Z_x \cdot f_y = 535 \times (240 \times 10) \times 10^{-2} = 12840 \text{ kg.m}$$

Jenis Profil → Simetris Ganda

Pasal Acuan → Pasal G2.1 (b)

$$\Rightarrow h = d - 2(t_f + r) = 244 - 2(11 + 16) = 190 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow h/t_w = 27,143 \rightarrow h/t_w < 260$$

$$\Rightarrow k_v = 5$$

$$\Rightarrow 1,10\sqrt{k_v \cdot E/f_y} = 1,10\sqrt{5 \cdot 200000/240} = 71,005 \rightarrow h/t_w \leq 1,10\sqrt{k_v \cdot E/f_y}$$

$$\Rightarrow 1,37\sqrt{k_v \cdot E/f_y} = 1,37\sqrt{5 \cdot 200000/240} = 88,433$$

$$\Rightarrow C_v = 1,0$$

$$\Rightarrow A_w = h \cdot t_w = 190 \times 7 = 1330 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow V_n = V_p = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \times 240 \times 1330 \times 1,0 \times 10^{-1} = 19152 \text{ kg}$$

✚ **Jenis Link (Pasal 4a AISC 341-10)**

$$\Rightarrow \frac{1,6M_p}{V_p} = \frac{1,6 \cdot 12840}{19152} = 1,073 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \frac{2,6M_p}{V_p} = \frac{2,6 \cdot 12840}{19152} = 1,743 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e = 0,7 \text{ m} \rightarrow e \leq \frac{1,6M_p}{V_p} \rightarrow \text{Link pendek}$$

➤ **Kontrol Kelangsingan Penampang (Pasal F3-5a AISC 341-10)**

Elemen struktur harus dikontrol kelangsingan penampangnya supaya tidak terjadi tekuk lokal yang mencegah tercapainya kapasitas penuh dari elemen struktur.

✚ **Flens (Tabel D1.1 AISC 341-10)**

$$\Rightarrow \frac{b_f}{2t_f} = \frac{175}{2 \cdot 11} = 7,955$$

$$\Rightarrow \lambda_{hd} = 0,30 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,30 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 8,66 \rightarrow \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_{hd} \quad \text{OK!}$$

✚ **Web (Tabel D1.1 AISC 341-10)**

$$\Rightarrow h/t_w = 27,143$$

$$\Rightarrow P_y = A_g \cdot f_y = 56,24 \times (240 \times 10) = 134976 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \phi_c = 0,90$$

$$\Rightarrow \phi_c \cdot P_y = 0,90 \times 134976 = 121478,4 \text{ kg}$$



$$\begin{aligned}\Rightarrow C_a &= \frac{P_u}{\phi_c P_y} = \frac{7061,874}{121478,4} = 0,058 \rightarrow C_a \leq 0,125 \\ \Rightarrow \lambda_{hd} &= 0,77 \sqrt{\frac{E}{f_y}} (2,93 - C_a) \geq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 0,77 \sqrt{\frac{200000}{240}} (2,93 - 0,125) \geq 1,49 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &= 54,659 \geq 43,013 \\ &= 54,659 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq \lambda_{hd} \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

➤ **Kontrol Gaya Geser (Pasal F3-5b AISC 341-10)**

✚ **Leleh Geser**

$$\begin{aligned}\Rightarrow P_r &= P_u = 7061,874 \text{ kg} \\ \Rightarrow P_c &= P_n = 134976 \text{ kg} \\ \Rightarrow P_r/P_c &= 7061,874/134976 = 0,052 \\ \Rightarrow V_n &= 0,6 f_y \cdot A_w = 0,6 \times 240 \times 1330 \times 10^{-1} = 19152 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ **Leleh Lentur**

$$\begin{aligned}\Rightarrow M_p &= 14315,55 \text{ kg.m} \\ \Rightarrow V_n &= \frac{2M_p}{e} = \frac{2 \cdot 14315,55}{0,7} = 40901,573 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ **Cek Kapasitas**

$$\begin{aligned}\Rightarrow V_n &= \min(V_n \text{ Geser}, V_n \text{ Lentur}) = 19152 \text{ kg} \\ \Rightarrow \phi_v &= 0,90 \\ \Rightarrow \phi_v \cdot V_n &= 0,90 \times 19152 = 17236,8 \text{ kg} \\ \Rightarrow V_u \leq V_n &\rightarrow 16027,353 \text{ kg} \leq 17236,8 \text{ kg} \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

➤ **Batasan Panjang Link (Pasal F3-5b AISC 341-10)**

Karena  $P_r/P_c \leq 0,15$  maka tidak ada batasan panjang link.

➤ **Kontrol Sudut Rotasi Link (Pasal F3-4a AISC 341-10)**

$$\begin{aligned}\Rightarrow \Delta &= 8 \text{ mm (displacement)} \\ \Rightarrow L &= 5000 \text{ mm (bentang portal)} \\ \Rightarrow H &= 3500 \text{ mm (tinggi tingkat)} \\ \Rightarrow e &= 700 \text{ mm (panjang link)} \\ \Rightarrow \Theta &= L/e \times \Delta/H = 5000/700 \times 8/3500 = 0,016 \text{ rad} \leq 0,08 \text{ rad} \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

➤ **Perencanaan Stiffener (Pasal F3-5b(4) AISC 341-10)**

**Pengaku Ujung**

Menentukan tebal stiffener:

$$\begin{aligned}\Rightarrow t_{\min}(1) &= 0,75 t_w = 0,75 \times 7 \text{ mm} = 5,25 \text{ mm} \\ \Rightarrow t_{\min}(2) &= 10 \text{ mm} \rightarrow t_{\text{pakai}}\end{aligned}$$

Direncanakan stiffener 2 sisi

$$\begin{aligned}\Rightarrow 2W_{\min} &= b_f - 2t_w = 175 - 2 \times 7 = 161 \text{ mm (Persyaratan)} \\ \Rightarrow W_{\text{pakai}} &= \frac{b_f}{2} - \frac{t_w}{2} = \frac{175}{2} - \frac{7}{2} = 84 \text{ mm} \\ \Rightarrow n_{\text{stiff}} \text{ 2 sisi} &= 2 \times \frac{2W_{\min}}{W_{\text{pakai}}} = 2 \times \frac{161}{84} \approx 4 \text{ buah}\end{aligned}$$



### Pengaku Antara

Menentukan spasi stiffener

$$\Rightarrow S_{\max} = 52t_w - d/5 = 52 \times 8 - 244/175 = 315,2 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow S_{\text{pakai}} = 140 \text{ mm}$$

Jumlah sisi pengaku antara direncanakan 1 sisi, sehingga:

$$\Rightarrow n_{\text{stiff}} = \frac{e}{s_{\text{pakai}}} - 1 = \frac{700}{140} - 1 = 4 \text{ buah}$$

Menentukan tebal stiffener:

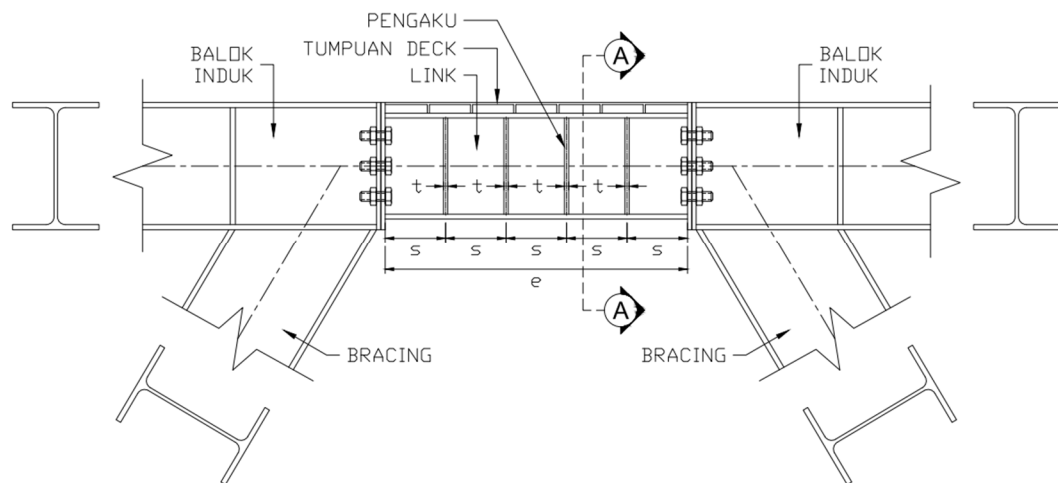
$$\Rightarrow t_{\min}(1) = t_w = 7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow t_{\min}(2) = 10 \text{ mm} \rightarrow t_{\text{pakai}}$$

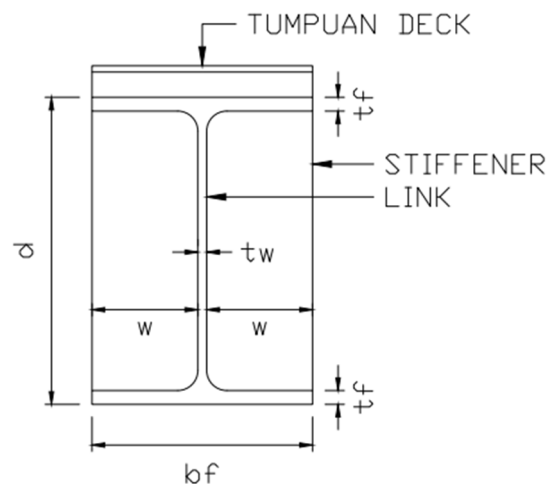
Menentukan lebar stiffener:

$$\Rightarrow w_{\min} = b_f/2 - t_w = 175/2 - 7 = 80,5 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow w_{\text{pakai}} = 84 \text{ mm}$$



**Gambar 5.9** Perencanaan Stiffener pada Link



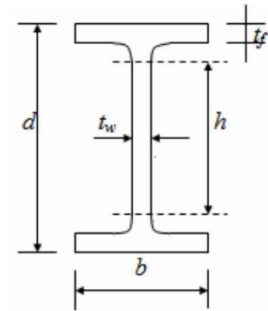
**Gambar 5.10** Potongan A-A

### 5.6.2 Kontrol Bracing

Berikut adalah contoh kontrol bracing. Diambil contoh bracing tekan yang paling kritis yaitu bracing BR1 nomer D12 Lantai 2 dengan profil WF 300x200x8x12

**➤ Data Profil**

W	= 56,8 kg/m	I <sub>x</sub>	= 11300 mm <sup>4</sup>
A	= 72,38 cm <sup>2</sup>	I <sub>y</sub>	= 1600 mm <sup>4</sup>
d	= 294 mm	S <sub>x</sub>	= 771 cm <sup>3</sup>
b <sub>f</sub>	= 200 mm	S <sub>y</sub>	= 160 cm <sup>3</sup>
t <sub>w</sub>	= 8 mm	Z <sub>x</sub>	= 1272 cm <sup>3</sup>
t <sub>f</sub>	= 12 mm	Z <sub>y</sub>	= 1299,9 cm <sup>3</sup>
r	= 18 mm		

**➤ Data Material**

BJ 37

f<sub>y</sub> = 240 MPaf<sub>u</sub> = 370 MPa

E = 200000 MPa

**➤ Output ETABS 2016**P<sub>u</sub> = 39366,122 kg**➤ Kontrol Kelangsingan Penampang (Pasal F3-5a AISC 341-10)**

Elemen struktur harus dikontrol kelangsingan penampangnya supaya tidak terjadi tekuk lokal yang mencegah tercapainya kapasitas penuh dari elemen struktur.

**✚ Flens (Tabel D1.1 AISC 341-10)**

$$\Rightarrow \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \cdot 12} = 8,333$$

$$\Rightarrow \lambda_{md} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10,97 \Rightarrow \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_{md} \quad \text{OK!}$$

**✚ Web (Tabel D1.1 AISC 341-10)**

$$\Rightarrow h = d - 2(t_f + r) = 294 - 2(12 + 18) = 234 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow h/t_w = 234/8 = 29,25$$

$$\Rightarrow \lambda_{md} = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 43,013 \Rightarrow h/t_w \leq \lambda_{md} \quad \text{OK!}$$

**➤ Kontrol Panjang Tak Terkekang (Pasal F3-5a AISC 341-10)**

Elemen struktur harus dikontrol kelangsingan panjang tak terkekangnya untuk membatasi tekuk torsi-lateral yang mengurangi kapasitas penuh elemen struktur.

$$\Rightarrow L_b = 387 \text{ cm (Panjang bracing)}$$

$$\Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{1600}{72,38}} = 4,702 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_b \text{ max} = 0,17 r_y E / f_y = 0,17 \times 4,702 \times 200000 / 240 = 666,068 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_b \leq L_b \text{ max} \rightarrow 387 \text{ cm} \leq 666,068 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

**➤ Kontrol Kelangsingan Elemen (Pasal E2 SNI 1729-2015)**

Elemen struktur pemikul gaya tekan aksial harus memiliki angka kelangsingan dibawah 200 agar terhindar dari bahaya kegagalan tekuk (buckling).

$$\Rightarrow K = 1,0 \text{ (Lampiran 7 SNI 1729-2015)}$$

$$\Rightarrow L_x = 387 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_y = 387 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{11300}{72,38}} = 12,495 \text{ cm}$$



$$\begin{aligned}\Rightarrow r_y &= 4,702 \text{ cm} \\ \Rightarrow \lambda_x &= K.L_x/r_x = 1,0 \times 387/12,297 = 30,973 \\ \Rightarrow \lambda_y &= K.L_y/r_y = 1,0 \times 387/4,702 = 82,311 \\ \Rightarrow \lambda &= \max(\lambda_x, \lambda_y) = 82,311 \leq 200 \text{ OK!}\end{aligned}$$

➤ **Menentukan Gaya Dalam Desain (Pasal F3-3 AISC 341-10)**

Gaya tekan aksial yang diterima bracing harus didapat dari kapasitas geser maksimum link, karena link adalah fuse element pada sistem EBF.

$$\begin{aligned}\Rightarrow V_{n-Link} &= 19152 \text{ kg} \\ \Rightarrow R_y &= 1,5 \text{ (BJ37)} \\ \Rightarrow V_u \text{ perlu} &= 1,25 R_y V_{n-Link} = 1,25 \times 1,5 \times 19152 = 35910 \text{ kg} \\ \Rightarrow H &= 350 \text{ cm (tinggi tingkat)} \\ \Rightarrow L &= 387 \text{ cm (Panjang bracing)} \\ \Rightarrow \alpha &= 90^\circ - \cos^{-1}(H/L) = 90^\circ - \arccos(350/387) = 64,742^\circ \\ \Rightarrow P_u &= V_u \text{ perlu} / \sin(\alpha) = 35910 / \sin(64,742^\circ) = 39706,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

➤ **Kontrol Tekan Aksial**

✚ **Menentukan Kategori Profil (Tabel E1.1 SNI 1729-2015)**

Profil WF → Simetris Ganda, Flens Kompak, Web Kompak

Pasal acuan → E3 Tekuk Lentur (FB) & E4 Tekuk Torsi-Lentur (TB)

✚ **Tekuk Lentur (FB) (Pasal E3 SNI 1729-2015)**

$$\begin{aligned}\Rightarrow 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} &= 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,966 \rightarrow \lambda \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \Rightarrow f_e &= \pi^2 \frac{E}{\lambda^2} = \pi^2 \times 200000/82,311^2 = 291,581 \text{ MPa} \\ \Rightarrow f_{cr} &= \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) f_y = \left(0,658^{\frac{240}{291,581}}\right) 240 = 170,056 \text{ MPa} \\ \Rightarrow P_n &= f_{cr} \cdot A_g = (170,056 \times 10) \times 168,24 = 123086,831 \text{ kg} \\ \Rightarrow \phi_c &= 0,90 \\ \Rightarrow \phi_c \cdot P_n &= 0,90 \times 123086,831 = 110778,148 \text{ kg} \\ \Rightarrow P_u \leq \phi_c \cdot P_n &\rightarrow 39706,2 \text{ kg} \leq 110778,148 \text{ kg} \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

✚ **Tekuk Torsi-Lentur (TB) (Pasal E4 SNI 1729-2015)**

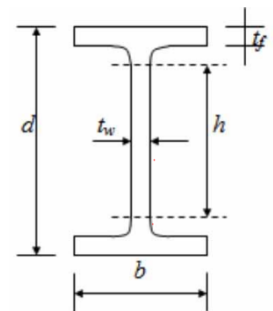
Profil WF → Moda kegagalan TB tidak mengontrol

### 5.6.3 Kontrol Balok Anak

Berikut adalah contoh kontrol balok anak. Diambil contoh balok anak yang paling kritis yaitu balok anak BA nomer B108 Lantai 9 dengan profil WF 200x100x4,5x7

➤ **Data Profil**

W	= 18,2 kg/m	I <sub>x</sub>	= 1580 mm <sup>4</sup>
A	= 23,18 cm <sup>2</sup>	I <sub>y</sub>	= 114 mm <sup>4</sup>
d	= 198 mm	S <sub>x</sub>	= 160 cm <sup>3</sup>
b <sub>f</sub>	= 99 mm	S <sub>y</sub>	= 23 cm <sup>3</sup>
t <sub>w</sub>	= 4,5 mm	Z <sub>x</sub>	= 170 cm <sup>3</sup>
t <sub>f</sub>	= 7 mm	Z <sub>y</sub>	= 35 cm <sup>3</sup>
r	= 11 mm	f <sub>y</sub>	= 240 MPa



➤ **Data Material**



BJ 37

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

➤ **Output ETABS 2016**

$$M_u = 852,152 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 3013,485 \text{ kg}$$

$$P_u = 7635,414 \text{ kg}$$

$$\Delta_{\max} = 0,932 \text{ mm} = 0,094 \text{ cm}$$

➤ **Kontrol Kelangsingan Penampang (Pasal F3-5a AISC 341-10)**

Elemen struktur harus dikontrol kelangsingan penampangnya supaya tidak terjadi tekuk lokal yang mencegah tercapainya kapasitas penuh dari elemen struktur.

✚ **Flens (Tabel D1.1 AISC 341-10)**

$$\Rightarrow \frac{b_f}{2t_f} = \frac{99}{2 \cdot 7} = 7,071$$

$$\Rightarrow \lambda_{md} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10,97 \rightarrow \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_{md} \quad \text{OK!}$$

✚ **Web (Tabel D1.1 AISC 341-10)**

$$\Rightarrow h = d - 2(t_f + r) = 198 - 2(7+11) = 162 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow h/t_w = 162/4,5 = 36$$

$$\Rightarrow P_y = A_g \times f_y = 23,18 \times (240 \times 10) = 55632 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \phi_c = 0,90$$

$$\Rightarrow \phi_c \cdot P_y = 0,90 \times 55632 = 50068,8 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow C_a = \frac{P_u}{\phi_c \cdot P_y} = 7635,414/50068,8 = 0,152 \rightarrow C_a > 0,125$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \lambda_{md} &= 1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} (2,33 - C_a) \geq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,12 \sqrt{\frac{200000}{240}} (2,33 - 0,152) \geq 1,49 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &= 70,402 \geq 43,013 \\ &= 70,402 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq \lambda_{md} \quad \text{OK!} \end{aligned}$$

➤ **Kontrol Panjang Tak Terkekang (Pasal F3-5a AISC 341-10)**

Elemen struktur harus dikontrol kelangsingan panjang tak terkekangnya untuk membatasi tekuk torsi-lateral yang mengurangi kapasitas penuh elemen struktur.

$$\Rightarrow L_b = 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm (asumsi jarak antar shear stud)}$$

$$\Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{114}{23,18}} = 2,218 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_b \text{ max} = 0,17 r_y E / f_y = 0,17 \times 2,218 \times 200000 / 240 = 314,169 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_b \leq L_b \text{ max} \rightarrow 15 \text{ cm} \leq 314,169 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

➤ **Kontrol Momen Lentur**

✚ **Menentukan Kategori Profil (Tabel F1.1 SNI 1729-2015)**

Profil WF → Simetris Ganda, Flens Kompak, Web Kompak



Pasal acuan → F2 Kondisi Batas Leleh (Y) & Tekuk Torsi-Lateral (LTB)

#### ➤ Pelelehan Penampang (Y) (Pasal F2.1 SNI 1729-2015)

$$\Rightarrow M_n = M_p = Z_x \cdot f_y = 170 \times (240 \times 10) \times 10^{-2} = 4080 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow \phi_b = 0,90$$

$$\Rightarrow \phi_b \cdot M_n = 0,90 \times 4080 = 3672 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow M_u \leq \phi_b \cdot M_n \rightarrow 852,152 \text{ kg.m} \leq 3672 \text{ kg.m} \quad \text{OK!}$$

#### ➤ Tekuk Torsi-Lateral (LTB) (Pasal F2.2 SNI 1729-2015)

$$\Rightarrow L_b = 15 \text{ cm (asumsi jarak antar shear stud)}$$

$$\Rightarrow L_p = 112,383 \text{ cm (Tabel Profil)}$$

$$\Rightarrow L_r = 345,917 \text{ cm (Tabel Profil)}$$

$$\Rightarrow L_b \leq L_p \rightarrow \text{Bentang Pendek} \rightarrow \text{Tidak terjadi LTB} \rightarrow M_n = M_p$$

#### ➤ Kontrol Gaya Geser (Pasal G2.1 SNI 1729-2015)

Jenis Profil → Simetris Ganda

Pasal Acuan → Pasal G2.1 (b)

$$\Rightarrow h/t_w = 36 \rightarrow h/t_w < 260$$

$$\Rightarrow k_v = 5$$

$$\Rightarrow 1,10\sqrt{k_v \cdot E/f_y} = 1,10\sqrt{5 \cdot 200000/240} = 71,005 \rightarrow h/t_w \leq 1,10\sqrt{k_v \cdot E/f_y}$$

$$\Rightarrow 1,37\sqrt{k_v \cdot E/f_y} = 1,37\sqrt{5 \cdot 200000/240} = 88,433$$

$$\Rightarrow C_v = 1,0$$

$$\Rightarrow A_w = h \cdot t_w = 162 \times 4,5 = 729 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow V_n = 0,6f_y A_w C_v = 0,6 \times 240 \times 729 \times 1,0 \times 10^{-1} = 10497,6 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \phi_v = 0,90$$

$$\Rightarrow \phi_v V_n = 0,90 \times 10497,6 = 9447,84 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow V_u \leq \phi_v V_n \rightarrow 3013,485 \text{ kg} \leq 9447,84 \text{ kg} \quad \text{OK!}$$

#### ➤ Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 SNI 03-1729-2002)

→ Jenis Elemen → Balok pemikul dinding & finishing getas

$$\Rightarrow L = 5000 \text{ mm} = 500 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \Delta_{ijin} = L/360 = 500/360 = 1,39 \text{ cm}$$

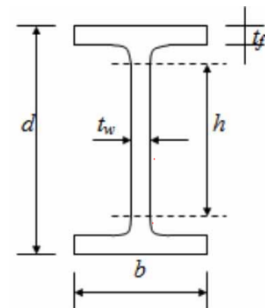
$$\Rightarrow \Delta_{max} \leq \Delta_{ijin} \rightarrow 0,094 \text{ cm} \leq 1,39 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

### 5.6.4 Kontrol Balok Induk

Berikut adalah contoh kontrol balok anak. Diambil contoh balok anak yang paling kritis yaitu balok induk BI 1 nomer B12 Lantai 3 dengan profil WF 300x200x8x12

#### ➤ Data Profil

W	= 56,8 kg/m	$I_x$	= 11300 mm <sup>4</sup>
A	= 72,38 cm <sup>2</sup>	$I_y$	= 1600 mm <sup>4</sup>
d	= 294 mm	$S_x$	= 771 cm <sup>3</sup>
$b_f$	= 200 mm	$S_y$	= 160 cm <sup>3</sup>
$t_w$	= 8 mm	$Z_x$	= 823 cm <sup>3</sup>
$t_f$	= 12 mm	$Z_y$	= 244 cm <sup>3</sup>
r	= 18 mm		







➤ **Data Material**

BJ 37

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

**Output ETABS 2016**

$$M_u = 7262,803 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 10373,728 \text{ kg}$$

$$P_u = 26026,163 \text{ kg}$$

$$\Delta_{\max} = 0,455 \text{ mm} = 0,046 \text{ cm}$$

➤ **Kontrol Kelangsingan Penampang (Pasal F3-5a AISC 341-10)**

Elemen struktur harus dikontrol kelangsingan penampangnya supaya tidak terjadi tekuk lokal yang mencegah tercapainya kapasitas penuh dari elemen struktur.

✚ **Flens (Tabel D1.1 AISC 341-10)**

$$\Rightarrow \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \cdot 12} = 8,333$$

$$\Rightarrow \lambda_{md} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10,97 \rightarrow \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_{md} \quad \text{OK!}$$

✚ **Web (Tabel D1.1 AISC 341-10)**

$$\Rightarrow h = d - 2(t_f + r) = 294 - 2(12 + 18) = 234 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow h/t_w = 234/8 = 29,25$$

$$\Rightarrow P_y = A_g \times f_y = 72,38 \times (240 \times 10) = 173712 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \phi_c = 0,90$$

$$\Rightarrow \phi_c \cdot P_y = 0,90 \times 173712 = 156340,8 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow C_a = \frac{P_u}{\phi_c \cdot P_y} = \frac{26026,163}{156340,8} = 0,166 \rightarrow C_a > 0,125$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \lambda_{md} &= 1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} (2,33 - C_a) \geq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,12 \sqrt{\frac{200000}{240}} (2,33 - 0,166) \geq 1,49 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &= 69,95 \geq 43,013 \\ &= 69,95 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq \lambda_{md} \quad \text{OK!} \end{aligned}$$

➤ **Kontrol Panjang Tak Terkekang (Pasal F3-5a AISC 341-10)**

Elemen struktur harus dikontrol panjang tak terkekangnya untuk membatasi tekuk torsi-lateral yang mengurangi kapasitas penuh elemen struktur.

$$\Rightarrow L_b = 150 \text{ mm} = 15 \text{ cm (asumsi jarak antar shear stud)}$$

$$\Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{1600}{72,38}} = 4,702 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_b \text{ max} = 0,17 r_y E / f_y = 0,17 \times 4,702 \times 200000 / 240 = 666,068 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_b \leq L_b \text{ max} \rightarrow 15 \text{ cm} \leq 666,068 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

➤ **Kontrol Momen Lentur**

✚ **Menentukan Kategori Profil (Tabel F1.1 SNI 1729-2015)**



Profil WF → Simetris Ganda, Flens Kompak, Web Kompak

Pasal acuan → F2 Kondisi Batas Leleh (Y) & Tekuk Torsi-Lateral (LTB)

#### ✚ Pelelehan Penampang (Y) (Pasal F2.1 SNI 1729-2015)

$$\Rightarrow M_n = M_p = Z_x \cdot f_y = 823 \times (240 \times 10) \times 10^{-2} = 19752 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow \phi_b = 0,90$$

$$\Rightarrow \phi_b \cdot M_n = 0,90 \times 19752 = 17776,8 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow M_u \leq \phi_b \cdot M_n \rightarrow 7262,803 \text{ kg.m} \leq 17776,8 \text{ kg.m} \quad \text{OK!}$$

#### ✚ Tekuk Torsi-Lateral (LTB) (Pasal F2.2 SNI 1729-2015)

$$\Rightarrow L_b = 15 \text{ cm (asumsi jarak antar shear stud)}$$

$$\Rightarrow L_p = 112,383 \text{ cm (Tabel Profil)}$$

$$\Rightarrow L_r = 345,917 \text{ cm (Tabel Profil)}$$

$$\Rightarrow L_b \leq L_p \rightarrow \text{Bentang Pendek} \rightarrow \text{Tidak terjadi LTB} \rightarrow M_n = M_p$$

#### ➤ Kontrol Gaya Geser (Pasal G2.1 SNI 1729-2015)

Jenis Profil → Simetris Ganda

Pasal Acuan → Pasal G2.1 (b)

$$\Rightarrow h/t_w = 29,25 \rightarrow h/t_w < 260$$

$$\Rightarrow k_v = 5$$

$$\Rightarrow 1,10\sqrt{k_v \cdot E/f_y} = 1,10\sqrt{5 \cdot 200000/240} = 71,005 \rightarrow h/t_w \leq 1,10\sqrt{k_v \cdot E/f_y}$$

$$\Rightarrow 1,37\sqrt{k_v \cdot E/f_y} = 1,37\sqrt{5 \cdot 200000/240} = 88,433$$

$$\Rightarrow C_v = 1,0$$

$$\Rightarrow A_w = h \times t_w = 234 \times 8 = 1872 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow V_n = 0,6f_y A_w \cdot C_v = 0,6 \times 1872 \times 729 \times 1,0 \times 10^{-1} = 26956,8 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \phi_v = 0,90$$

$$\Rightarrow \phi_v \cdot V_n = 0,90 \times 26956,8 = 24261,12 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow V_u \leq \phi_v \cdot V_n \rightarrow 10373,728 \text{ kg} \leq 24261,12 \text{ kg} \quad \text{OK!}$$

#### ➤ Kontrol Lendutan (Pasal 6.4.3 SNI 03-1729-2002)

⇒ Jenis Elemen → Balok pemikul dinding & finishing getas

$$\Rightarrow L = 5000 \text{ mm} = 500 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \Delta_{ijin} = L/360 = 500/360 = 1,39 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \Delta_{max} \leq \Delta_{ijin} \rightarrow 0,046 \text{ cm} \leq 1,39 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

### 5.6.5 Kontrol Kolom

Berikut adalah contoh kontrol kolom. Diambil contoh balok anak yang paling kritis yaitu balok induk K1 nomer C35 Lantai 5 dengan profil Kingcross 400x200x8x13

#### ➤ Data Profil

$$W = 132 \text{ kg/m}$$

$$A = 168,24 \text{ cm}^2$$

$$H = 400 \text{ mm}$$

$$B = 200 \text{ mm}$$

$$t_1 = 8 \text{ mm}$$

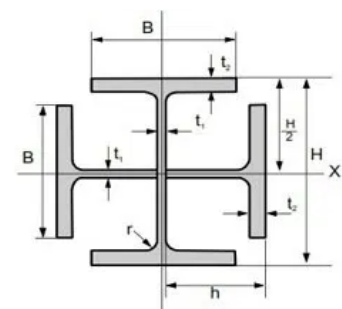
$$r = 16 \text{ mm}$$

$$I_x = 25440 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 26519 \text{ mm}^4$$

$$Z_x = 1272 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 1299,9 \text{ cm}^3$$





$$t_2 = 13 \text{ mm}$$

➤ **Data Material**

BJ 37

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

➤ **Output ETABS 2016**

$$P_u = 171156,769 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 1889,684 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 6697,906 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 3879 \text{ kg}$$

➤ **Kontrol Kelangsingan Penampang (Pasal F3-5a AISC 341-10)**

Elemen struktur harus dikontrol kelangsingan penampangnya supaya tidak terjadi tekuk lokal yang mencegah tercapainya kapasitas penuh dari elemen struktur.

✚ **Flens (Tabel D1.1 AISC 341-10)**

$$\Rightarrow \frac{B}{2t_2} = \frac{200}{2 \cdot 13} = 7,692$$

$$\Rightarrow \lambda_{hd} = 0,30 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,30 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 8,66 \rightarrow \frac{B}{2t_2} \leq \lambda_{hd} \quad \text{OK!}$$

✚ **Web (Tabel D1.1 AISC 341-10)**

$$\Rightarrow h = [H - 2(t_2 + r) - t_1] = [400 - 2(12+18) - 8] = 342 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow h/t_1 = 342/8 = 42,75$$

$$\Rightarrow P_y = A_g \times f_y = 168,24 \times (240 \times 10) = 403776 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \phi_c = 0,90$$

$$\Rightarrow \phi_c \cdot P_y = 0,90 \times 403776 = 363398,4 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow C_a = \frac{P_u}{\phi_c \cdot P_y} = \frac{171156,759}{363398,4} = 0,471 \rightarrow C_a > 0,125$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \lambda_{hd} &= 0,77 \sqrt{\frac{E}{f_y}} (2,93 - C_a) \geq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 0,77 \sqrt{\frac{200000}{240}} (2,93 - 0,471) \geq 1,49 \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &= 54,659 \geq 43,013 \\ &= 54,659 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq \lambda_{hd} \quad \text{OK!} \end{aligned}$$

➤ **Kontrol Panjang Tak Terkekang (Pasal F3-5a AISC 341-10)**

Elemen struktur harus dikontrol panjang tak terkekangnya untuk membatasi tekuk torsi-lateral yang mengurangi kapasitas penuh elemen struktur.

$$\Rightarrow L_b = L_{bx} = L_{by} = 350 \text{ cm (Tinggi tingkat)}$$

$$\Rightarrow r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{25440}{168,24}} = 12,297 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{26519}{168,24}} = 12,555 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow r_{min} = r_x = 12,297$$



$$\Rightarrow L_b \text{ max} = 0,17r_x E / f_y = 0,17 \times 12,297 \times 200000 / 240 = 1742,054 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_b \leq L_b \text{ max} \rightarrow 350 \text{ cm} \leq 1742,054 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

➤ **Kontrol Kelangsingan Elemen (Pasal E2 SNI 1729-2015)**

Elemen struktur pemikul gaya tekan aksial harus memiliki angka kelangsingan dibawah 200 agar terhindar dari bahaya kegagalan tekuk (buckling).

$$\Rightarrow K = 1,0 \text{ (Lampiran 7 SNI 1729-2015)}$$

$$\Rightarrow L_x = 350 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_y = 350 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{25440}{168,24}} = 12,297 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{26519}{168,24}} = 12,555 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \lambda_x = K.L_x / r_x = 1,0 \times 350 / 12,297 = 28,463$$

$$\Rightarrow \lambda_y = K.L_y / r_y = 1,0 \times 350 / 12,555 = 27,878$$

$$\Rightarrow \lambda = \max(\lambda_x, \lambda_y) = 28,463 \leq 200 \quad \text{OK!}$$

➤ **Kontrol Tekan Aksial**

✚ **Menentukan Kategori Profil (Tabel E1.1 SNI 1729-2015)**

Profil Kingcross → Simetris Ganda, Flens Kompak, Web Kompak

Pasal acuan → E3 Tekuk Lentur (FB) & E4 Tekuk Torsi-Lentur (TB)

✚ **Tekuk Lentur (FB) (Pasal E3 SNI 1729-2015)**

$$\Rightarrow 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135,966 \rightarrow \lambda \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\Rightarrow f_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \pi^2 \times 200000 / 28,463^2 = 2438,546 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow f_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) f_y = \left(0,658^{\frac{240}{2438,546}}\right) 240 = 230,314 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow P_n = f_{cr} \times A_g = (230,314 \times 10) \times 168,24 = 387481,011 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \phi_c = 0,90$$

$$\Rightarrow \phi_c.P_n = 0,90 \times 387481,011 = 348732,91 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow P_u \leq \phi_c.P_n \rightarrow 171156,769 \text{ kg} \leq 348732,91 \text{ kg} \quad \text{OK!}$$

✚ **Tekuk Torsi-Lentur (TB) (Pasal E4 SNI 1729-2015)**

Profil Cruciform → Harus dikontrol terhadap TB

Pasal Acuan → E4 (b) (ii)

$$\begin{aligned} \Rightarrow C_w &= \frac{1}{4} I_y H^2 + \frac{1}{4} I_x H^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 26519 \cdot ((400 - 13) \cdot 10^{-1})^2 + \frac{1}{4} \cdot 25440 \cdot ((400 - 13) \cdot 10^{-1})^2 \\ &= 19454618,68 \text{ cm}^6 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow K_z = 1,0 \text{ (Lampiran 7 SNI 1729-2015)}$$

$$\Rightarrow L = 350 \text{ cm (Tinggi tingkat)}$$

$$\Rightarrow G = 77200 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow H' = H - 2.t_2 = 400 - 2 \times 13 = 374 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow J &= \frac{1}{3} (2Bt_2^3 + H't_1^3) + \frac{1}{3} (2Bt_2^3 + (H' - t_1)t_1^3) \\ &= \frac{1}{3} (2 \cdot 200 \cdot 13^3 + 374 \cdot 8^3) + \frac{1}{3} (2 \cdot 200 \cdot 13 + (374 - 8)8^3) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
&= 712160 \text{ mm}^4 \\
\Rightarrow f_e &= \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \cdot \frac{1}{I_x + I_y} \\
&= \left[ \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot (19454618,68 \cdot 10^6)}{(1,0 \cdot (350 \cdot 10))^2} + 77200 \cdot 712160 \right] \cdot \frac{1}{(25440 + 26519)10^4} \\
&= 6139,121 \text{ MPa} \\
\Rightarrow f_{cr} &= \left( 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \right) f_y = \left( 0,658^{\frac{240}{6139,121}} \right) 240 = 236,105 \text{ MPa} \\
\Rightarrow P_n &= f_{cr} \times A_g = (236,105 \times 10) \times 168,24 = 397222,927 \text{ kg} \\
\Rightarrow \phi_c P_n &= 0,90 \times 397222,927 = 357500,634 \text{ kg} \\
\Rightarrow P_u \leq \phi_c P_n &\rightarrow 171156,769 \text{ kg} \leq 357500,634 \text{ kg} \quad \text{OK!}
\end{aligned}$$

### ➤ Kontrol Momen Lentur

#### ✚ Menentukan Kategori Profil (Tabel F1.1 SNI 1729-2015)

Profil KC → Simetris Ganda, Flens Kompak, Web Kompak

Pasal acuan → F2 Kondisi Batas Leleh (Y) & Tekuk Torsi-Lateral (LTB)

#### ✚ Pelelehan Penampang (Y) (Pasal F2.1 SNI 1729-2015)

a) Terhadap Sumbu X

$$\Rightarrow M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 1272 \times (240 \times 10) \times 10^{-2} = 30528 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow \phi_b = 0,90$$

$$\Rightarrow \phi_b M_{nx} = 0,90 \times 30528 = 27475,2 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow M_{ux} \leq \phi_b M_{nx} \rightarrow 1889,684 \text{ kg.m} \leq 27475,2 \text{ kg.m} \quad \text{OK!}$$

b) Terhadap Sumbu Y

$$\Rightarrow M_{ny} = M_{py} = Z_y \cdot f_y = 1299,9 \times (240 \times 10) \times 10^{-2} = 31197,6 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow \phi_b M_{ny} = 0,90 \times 31197,6 = 28077,84 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow M_{uy} \leq \phi_b M_{ny} \rightarrow 6697,906 \text{ kg.m} \leq 28077,84 \text{ kg.m} \quad \text{OK!}$$

#### ✚ Tekuk Torsi-Lateral (LTB) (Pasal F2.2 SNI 1729-2015)

a) Akibat Mux

$$\Rightarrow L_{bx} = 350 \text{ cm (Tinggi tingkat)}$$

$$\Rightarrow L_{px} = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 12,555 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 637,876 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_{bx} \leq L_{px} \rightarrow \text{Bentang Pendek} \rightarrow \text{Tidak terjadi LTB} \rightarrow M_{nx} = M_{px}$$

b) Akibat Muy

$$\Rightarrow L_{by} = 350 \text{ cm (Tinggi tingkat)}$$

$$\Rightarrow L_{py} = 1,76 r_x \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 12,297 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 624,764 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow L_{by} \leq L_{py} \rightarrow \text{Bentang Pendek} \rightarrow \text{Tidak terjadi LTB} \rightarrow M_{ny} = M_{py}$$

### ➤ Kontrol Gaya Geser (Pasal G2.1 SNI 1729-2015)

Jenis Profil → Simetris Ganda

Pasal Acuan → Pasal G2.1 (b)

$$\Rightarrow h/t_1 = 20,875 \rightarrow h/t_1 < 260$$

$$\Rightarrow k_v = 5$$

$$\Rightarrow 1,10 \sqrt{k_v \cdot E / f_y} = 1,10 \sqrt{5 \cdot 200000 / 240} = 71,005 \rightarrow h/t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v \cdot E / f_y}$$

$$\Rightarrow 1,37 \sqrt{k_v \cdot E / f_y} = 1,37 \sqrt{5 \cdot 200000 / 240} = 88,433$$



$$\begin{aligned}\Rightarrow C_v &= 1,0 \\ \Rightarrow A_w &= H' \times t_l = 374 \times 8 = 2736 \text{ mm}^2 \\ \Rightarrow V_n &= 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 240 \times 2736 \times 1,0 \times 10^{-1} = 39398,4 \text{ kg} \\ \Rightarrow \phi_v &= 0,90 \\ \Rightarrow \phi_v V_n &= 0,90 \times 39398,4 = 35458,56 \text{ kg} \\ \Rightarrow V_u \leq \phi_v V_n &\rightarrow 3879,92 \text{ kg} \leq 35458,56 \text{ kg} \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

➤ **Kontrol Interaksi Tekan & Momen (Pasal H1.1 SNI 03-1729-2002)**

$$\begin{aligned}\Rightarrow P_r &= P_u = 171156,759 \text{ kg} \\ \Rightarrow P_c &= \min (P_n \text{ FB}, P_n \text{ TB}) = 387481,011 \text{ kg} \\ \Rightarrow M_{rx} &= M_{ux} = 1889,684 \text{ kg.m} \\ \Rightarrow M_{ry} &= M_{uy} = 6697,906 \text{ kg.m} \\ \Rightarrow M_{cx} &= \min (M_{nx} \text{ Y}, M_{nx} \text{ LTB}) = 30528 \text{ kg.m} \\ \Rightarrow M_{cy} &= \min (M_{ny} \text{ Y}, M_{ny} \text{ LTB}) = 31197,6 \text{ kg.m} \\ \Rightarrow P_r/P_c &= 171156,759/387481,011 = 0,442 \rightarrow P_r/P_c \geq 0,20 \\ \Rightarrow \text{Rasio Interaksi} &= \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \\ &= \frac{171156,759}{387481,011} + \frac{8}{9} \left( \frac{1889,684}{30528} + \frac{6697,906}{31197,6} \right) \leq 1,0 \\ &= 0,688 \leq 1,0 \quad \text{OK!}\end{aligned}$$



## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari bab-bab sebelumnya didapatkan kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut:

1. Dalam memodelkan gedung 10 lantai baja struktural dengan sistem EBF, langkah-langkah yang dilakukan adalah:
  - a. Menentukan *layout* ruangan yang ditetapkan dalam pemodelan gedung.
  - b. Menentukan *preliminary design* untuk setiap profil pada balok, kolom, bresing, dan link.
  - c. Menentukan beban apa saja yang bekerja dalam pemodelan tersebut.
2. Dalam membuat tutorial pemodelan gedung 10 lantai baja struktural dengan sistem EBF, penulis menjabarkan tutorial tersebut dalam alur yang telah ditetapkan sebagai berikut:
  - a.) Memulai lembar kerja pada ETABS dengan penyesuaian grid sesuai dengan gambar rencana.
  - b.) Menentukan jenis material, profil, dan pelat yang akan dimodelkan.
  - c.) Membuat pemodelan gedung secara 3 dimensi dengan memperhatikan detail pemodelan, seperti: *Insertion Point*, *End Length Offsets*, *Edge Constraints*, dan lain-lain.
  - d.) Menetapkan *Load Pattern* yang nantinya akan di *assign* sesuai dengan beban perencanaan.
  - e.) Memasukan kombinasi pembebanan yang bekerja terhadap pemodelan gedung.
  - f.) *Run analysis* untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja dalam setiap elemen struktur dalam pemodelan.
  - g.) Cek kapasitas setiap elemen struktur dalam pemodelan tersebut.
3. Untuk menunjang pemodelan gedung 10 lantai tersebut, analisa yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:
  - a.) Kontrol reaksi perletakan terkait dengan beban gravitasi.
  - b.) Kontrol partisipasi massa.
  - c.) Kontrol periode getar alami struktur.



- d.) Kontrol gaya geser akibat gempa.
- e.) Kontrol simpangan antar tingkat (*story drift*).
- f.) Kontrol struktur sesuai dengan jenis elemen tersebut.

## 6.2 Saran

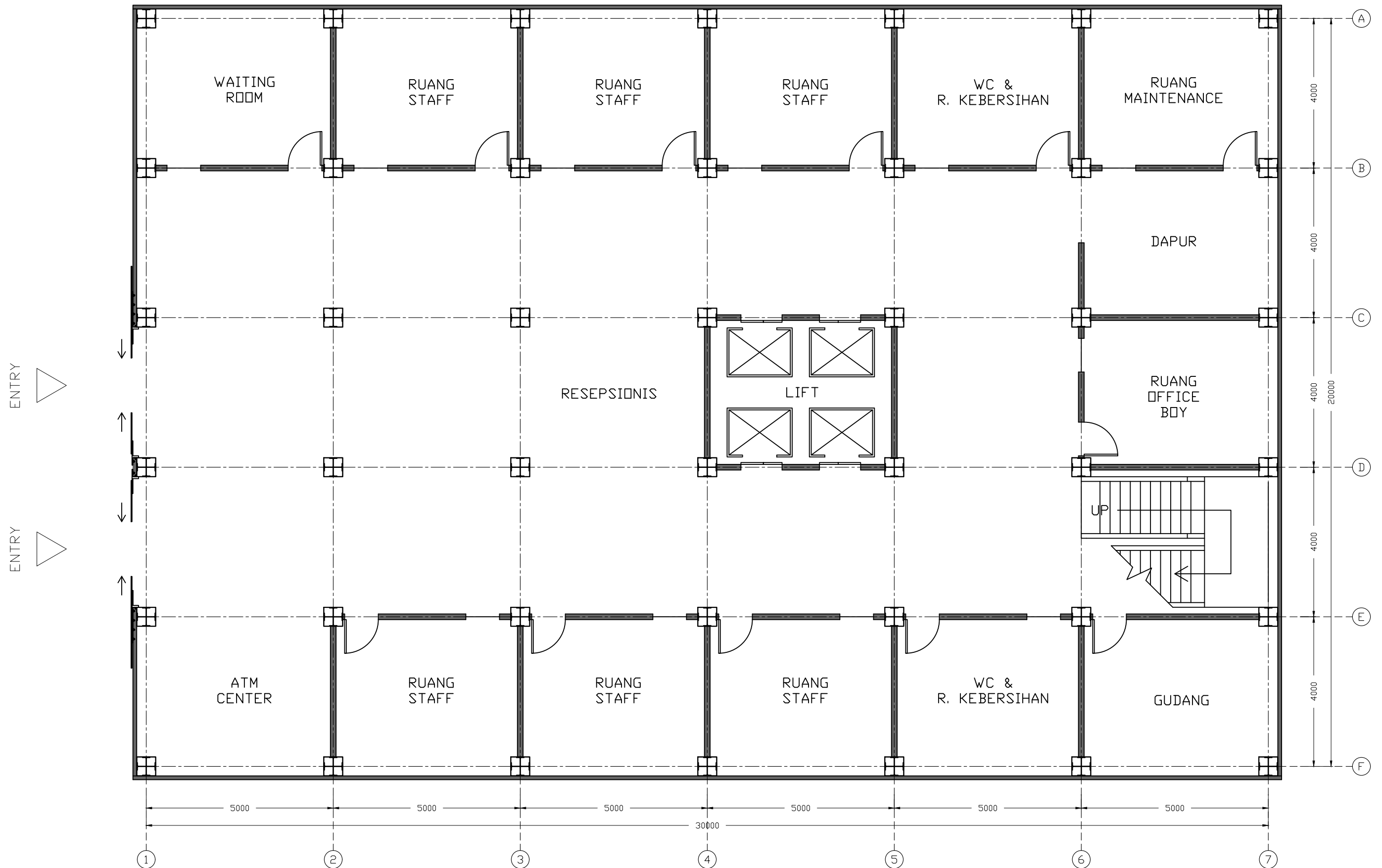
Saran untuk tugas pengganti ini adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan Gedung 10 Lantai Baja Struktural dengan Sistem EBF dapat dijadikan sebagai bahan pembelajaran dan bahan koreksi/tambahan jika diperlukan.
2. Perlu adanya perbandingan antara hasil pemodelan ETABS 2016 dengan hasil pemodelan dari program bantu lainnya.
3. Perlu adanya studi lebih lanjut mengenai sistem *Eccentrically Braced Frames* untuk perilaku lebih lanjut terkait dengan daktilitasnya.





## LAMPIRAN



**DENAH LANTAI DASAR**  
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek (RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

DENAH LANTAI DASAR

SKALA

1 : 100

KODE

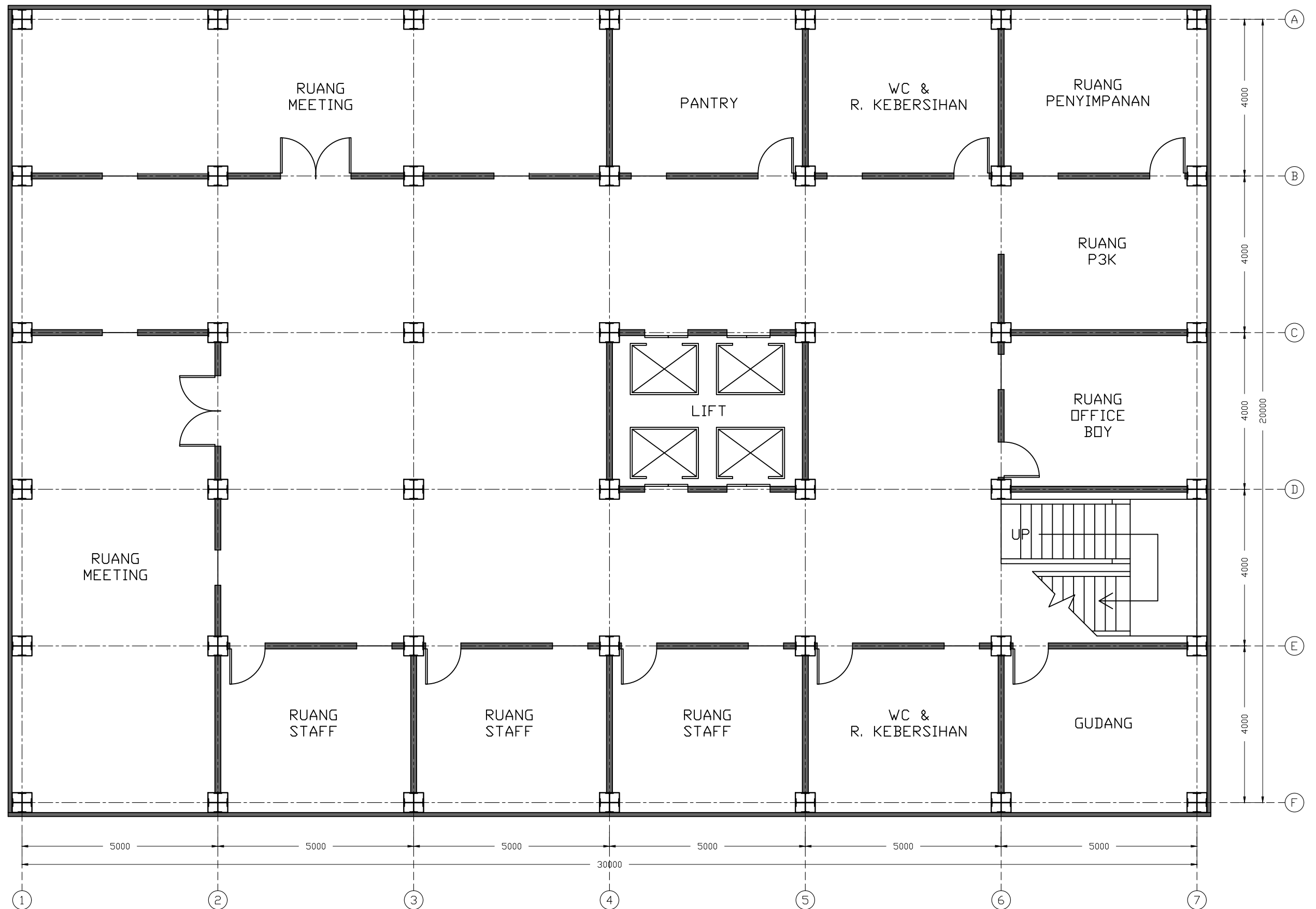
ARS-1

NO.

01

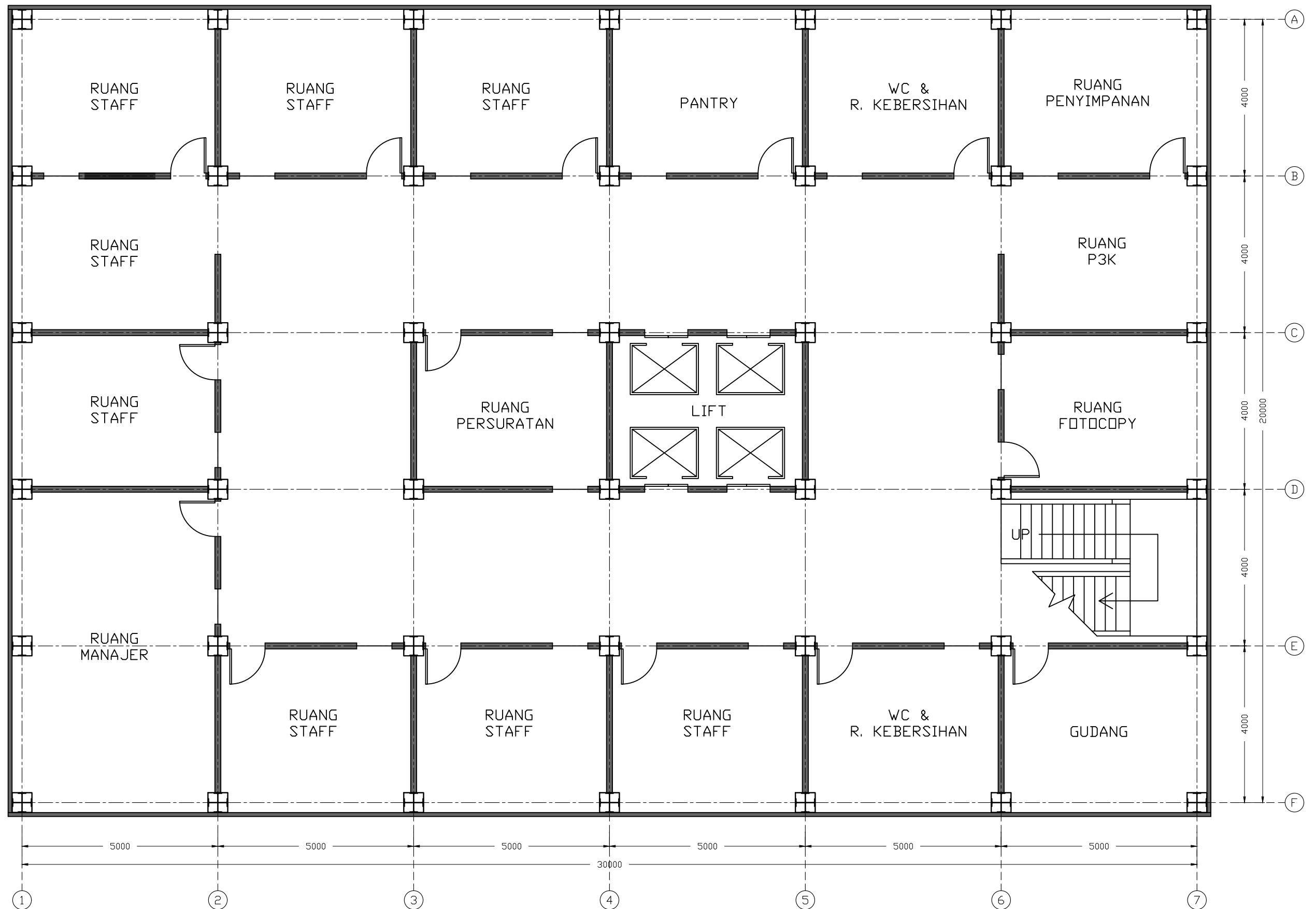
JUMLAH

15



**DENAH LANTAI 1**  
SKALA 1 : 100





**DENAH LANTAI 2**  
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek (RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

DENAH LANTAI 2

SKALA

1 : 100

KODE

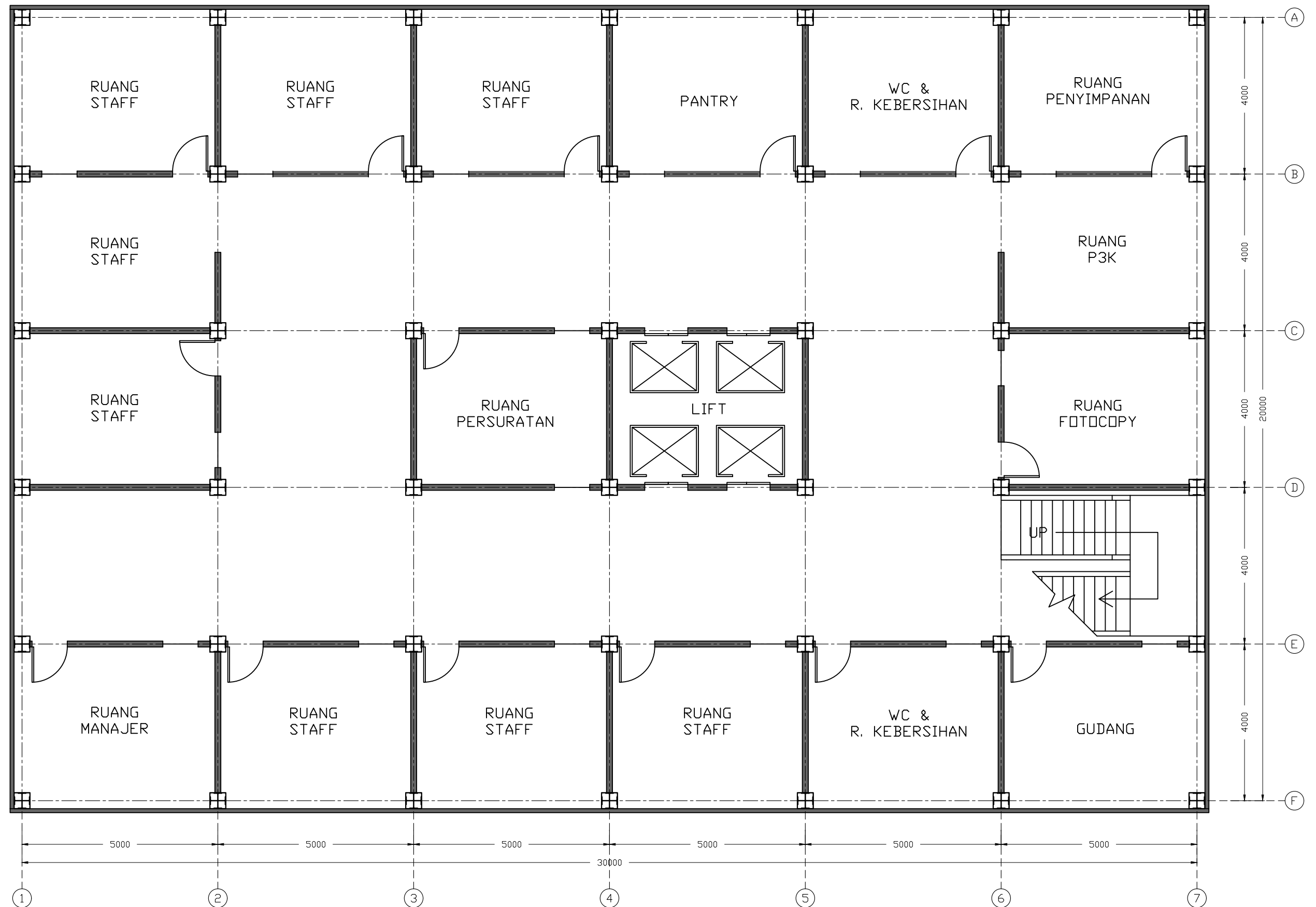
ARS-3

NO.

03

JUMLAH

15



**DENAH LANTAI 3-6**  
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek (RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

DENAH LANTAI 3-6

SKALA

1 : 100

KODE

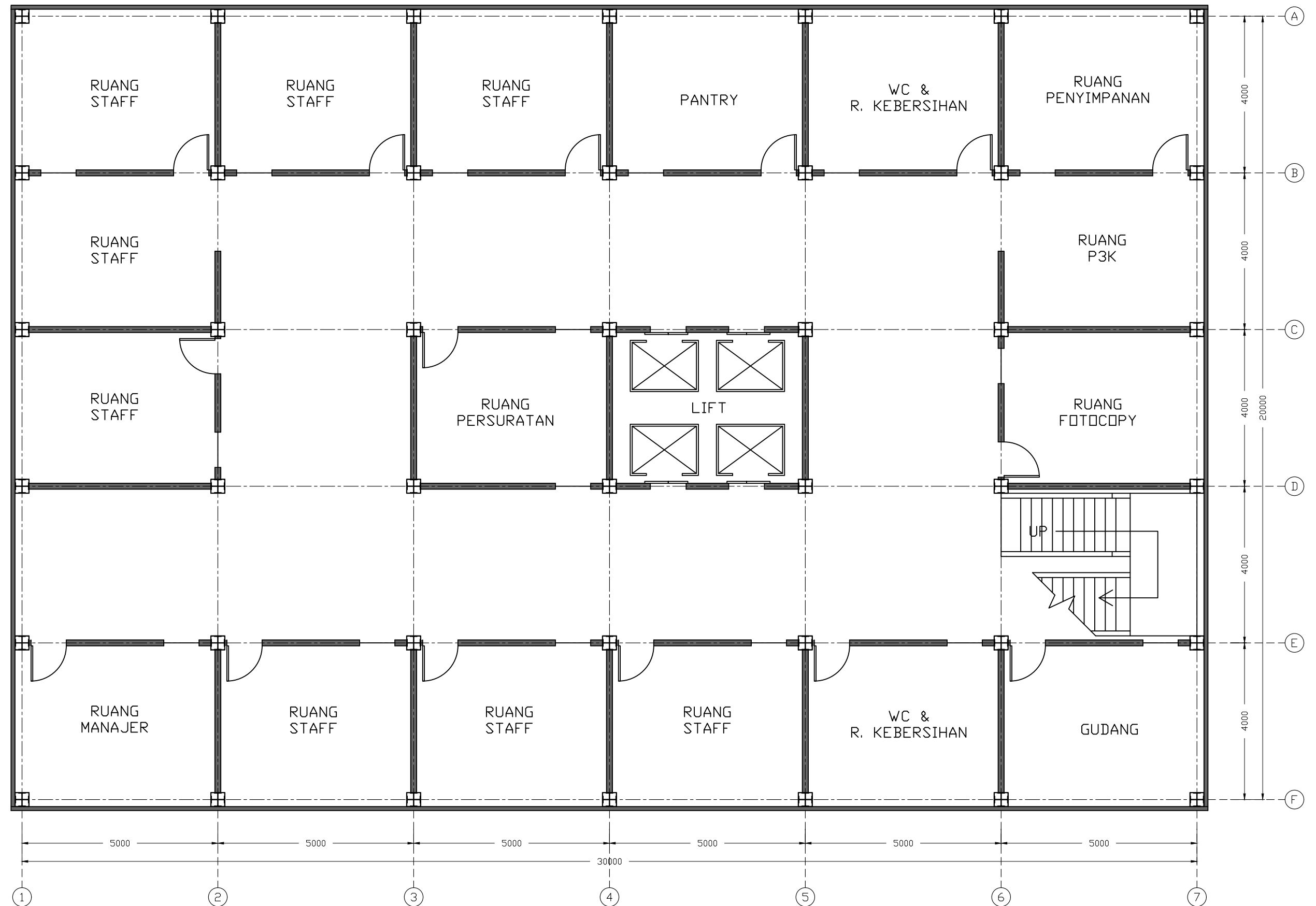
ARS-4

NO.

04

JUMLAH

15



**DENAH LANTAI 7-9**  
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek (RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

DENAH LANTAI 7-9

SKALA

1 : 100

KODE

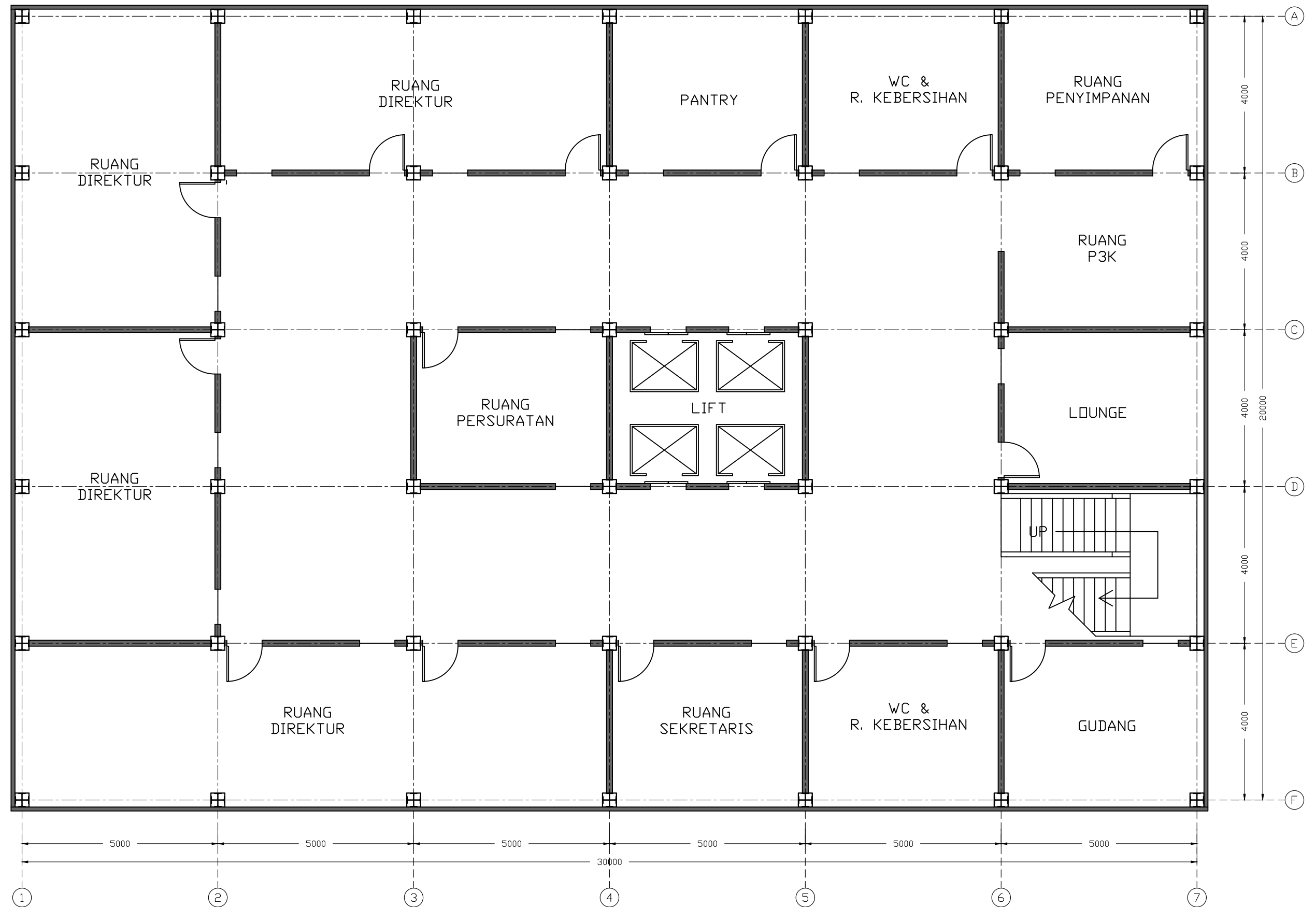
ARS-5

NO.

05

JUMLAH

15



**DENAH LANTAI 10**  
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek (RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

DENAH LANTAI 10

SKALA

1 : 100

KODE

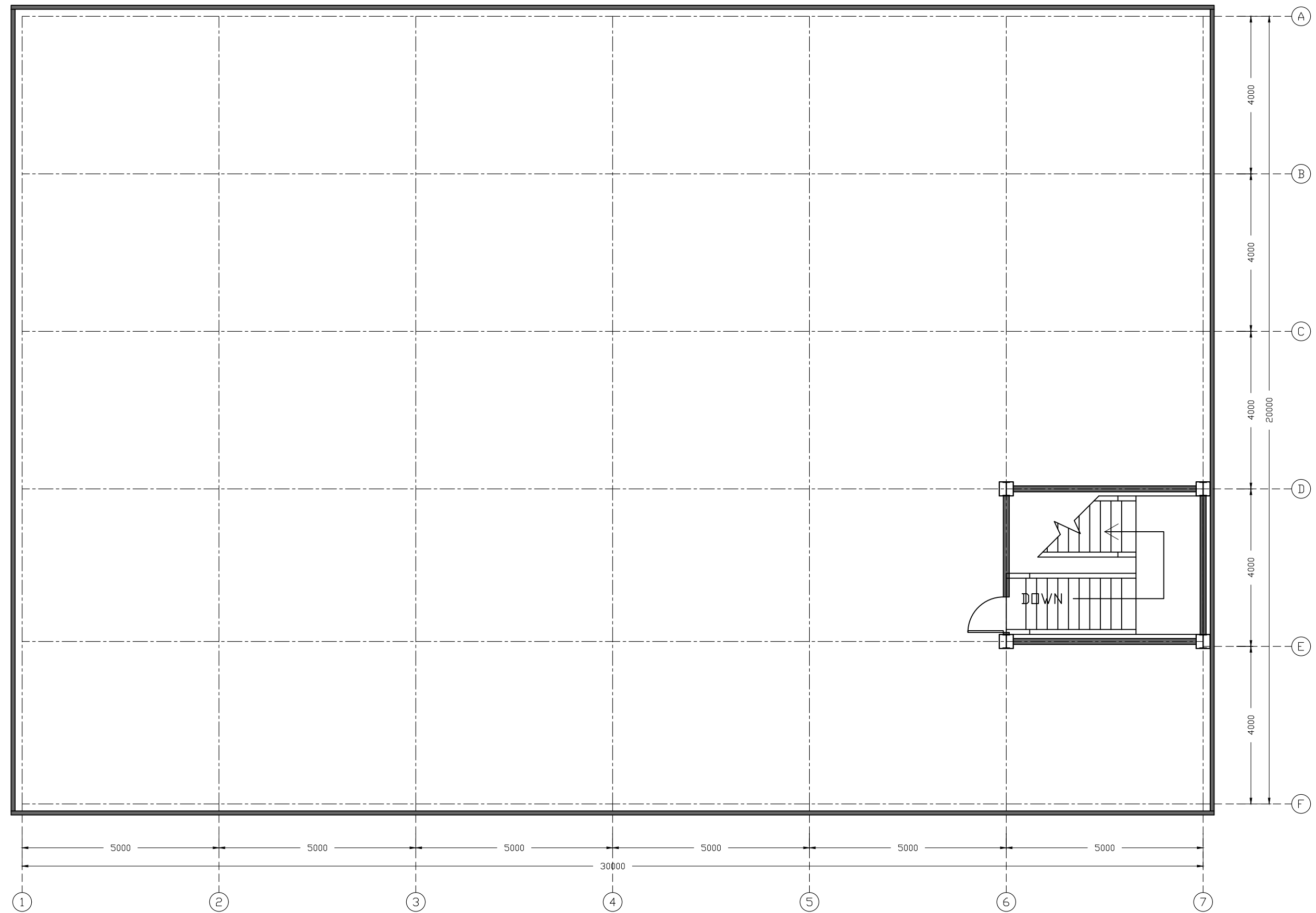
ARS-6

NO.


06

JUMLAH

15



**DENAH ATAP**  
SKALA 1 : 100

 <div>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</div>	Tugas Pengganti Kerja Praktek ( RC18-4802)	Dosen Pembimbing :  Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D	Michael Anthony Vansen 03111740000039	GAMBAR	SKALA	KODE	NO.	JUMLAH
	Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural dengan Sistem Pengaku <i>Eccentrically Braced Frame</i>		Jeffrey Adi Dharmawan 03111740000047	DENAH ATAP	1 : 100	ARS-7	07	15



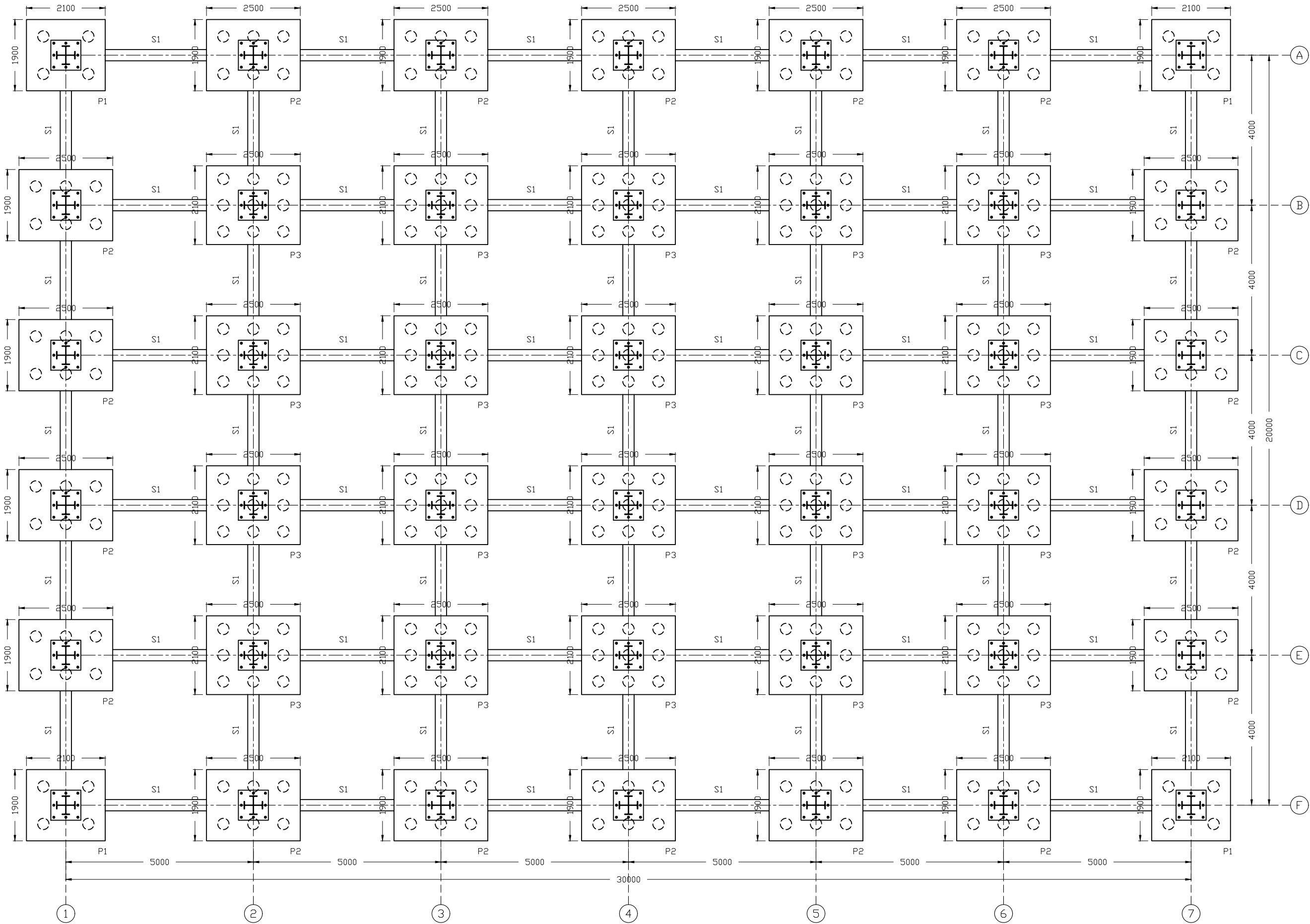
KETERANGAN :

TIPE PILECAP	JUMLAH PILE
P1	4
P2	6
P3	9

TIPE SLOOF	PROFIL
S1	300x500

CATATAN :

\* STRUKTUR BAWAH  
TIDAK DIRENCANAKAN



**DENAH PONDASI**  
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek ( RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

DENAH PONDASI

SKALA

1 : 100

KODE

STR-1

NO.

08

JUMLAH

15

LEGENDA :

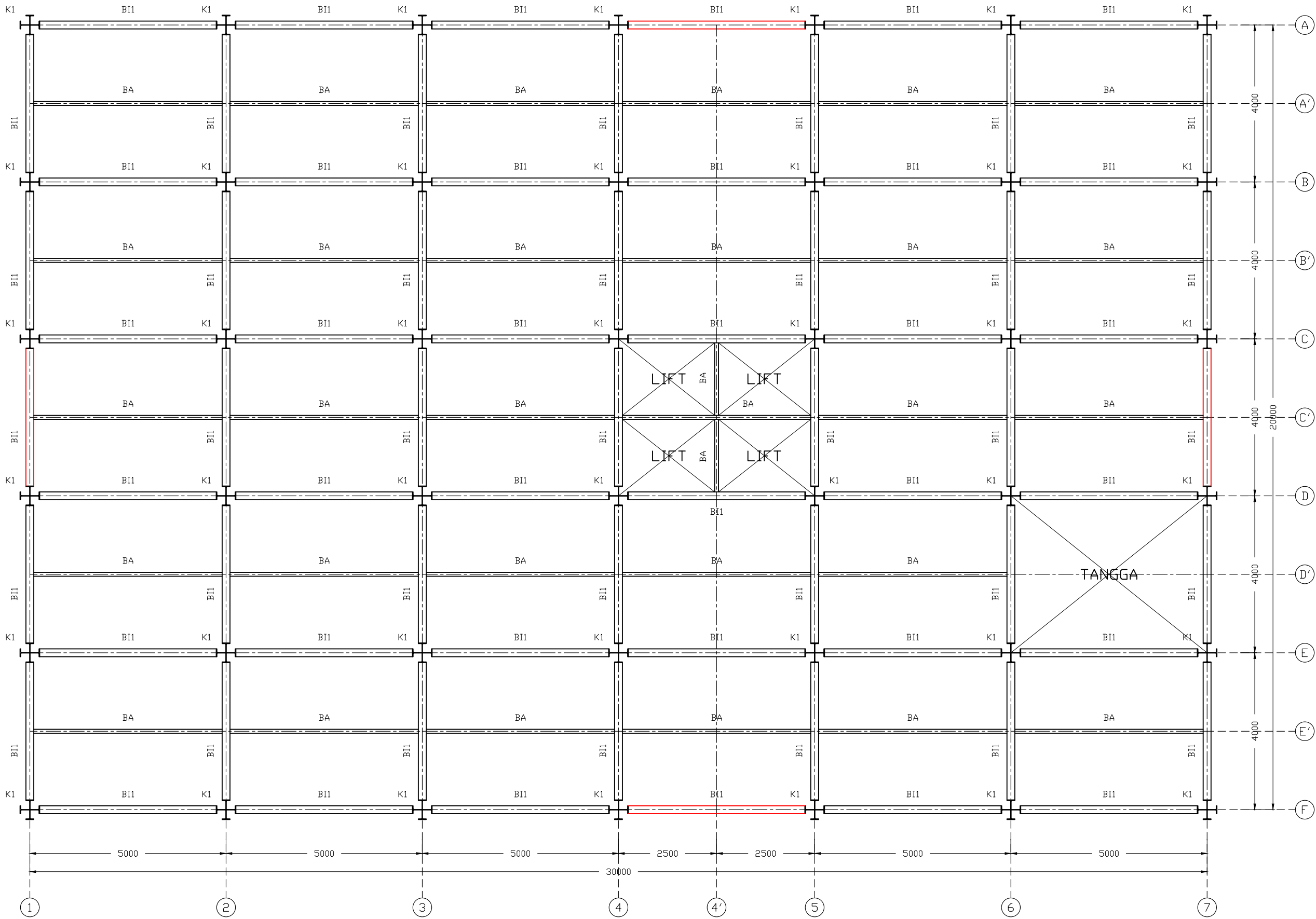
DAERAH BRACING

KETERANGAN :

TIPE BALOK	PROFIL
BI1	WF 300x200x8x12
BA	WF 200x100x4,5x7

TIPE KOLOM	PROFIL
K1	KC 500x200x10x16

MUTU BAJA BJ 37



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 1-3  
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek (RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI 1-3

SKALA

1 : 100

KODE

STR-2

NO.

09

JUMLAH

15

LEGENDA :

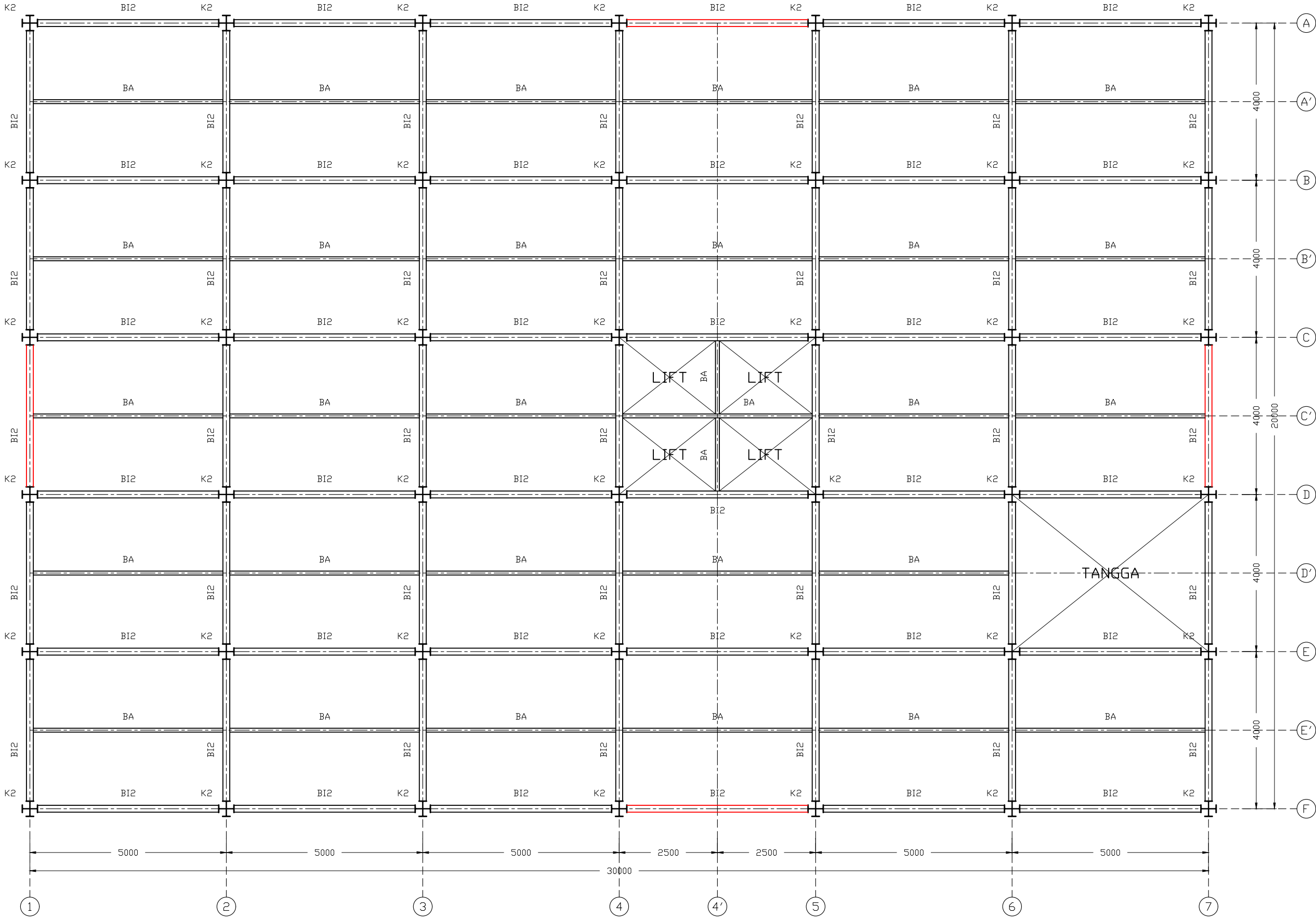
DAERAH BRACING

KETERANGAN :

TIPE BALOK	PROFIL
B12	WF 250x175x7x11
BA	WF 200x100x4,5x7

TIPE KOLOM	PROFIL
K2	KC 400x200x8x13

MUTU BAJA BJ 37



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 5-7  
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek ( RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI 5-7

SKALA

1 : 100

KODE

STR-3

NO.

10

JUMLAH

15

LEGENDA :

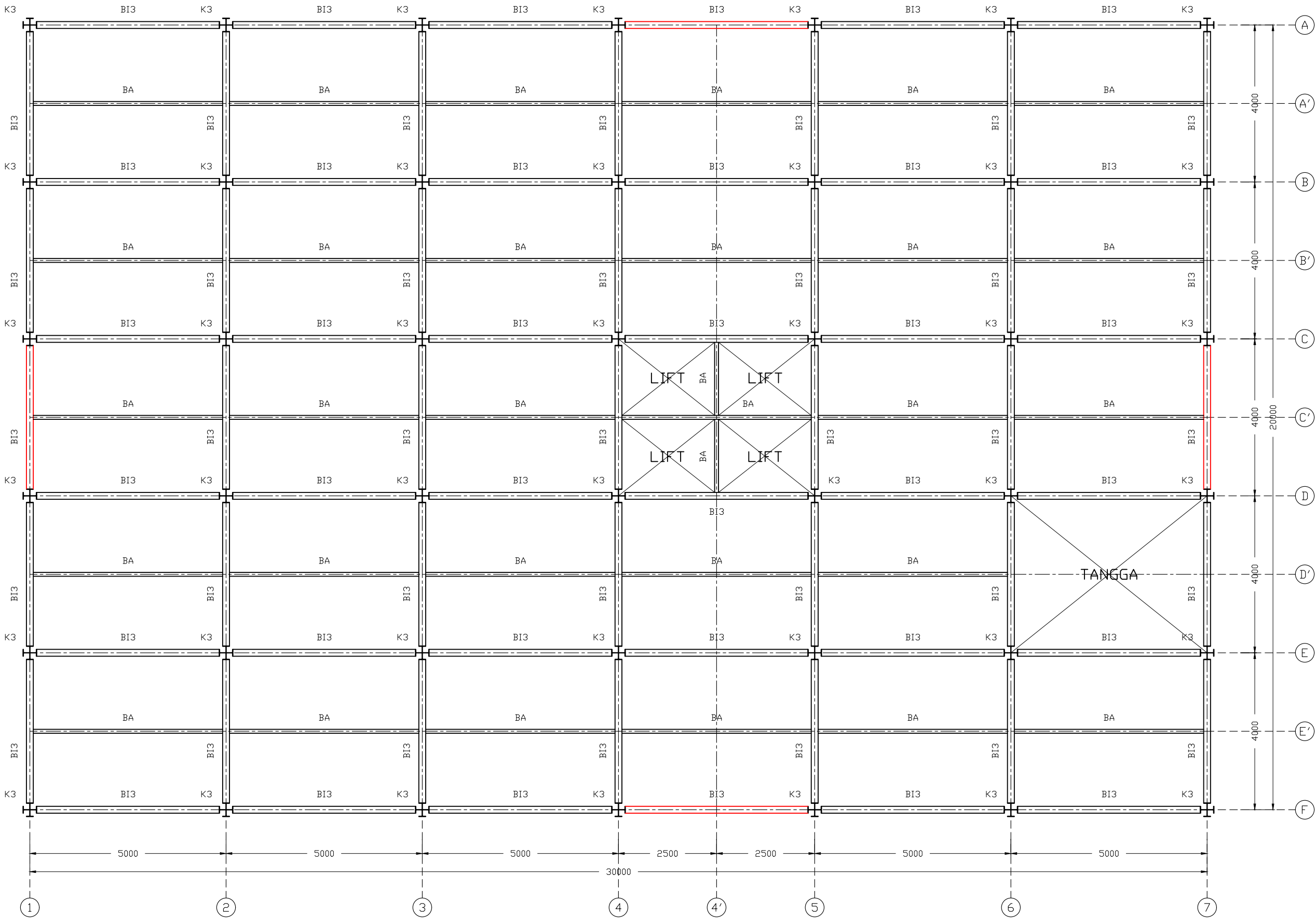
DAERAH BRACING

KETERANGAN :

TIPE BALOK	PROFIL
BI3	WF 250x175x7x11
BA	WF 200x100x4,5x7

TIPE KOLOM	PROFIL
K3	KC 350x175x7x11

MUTU BAJA BJ 37



**DENAH PEMBALOKAN LANTAI 8-10**  
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek (RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI 8-10

SKALA

1 : 100

KODE

STR-4

NO.

11

JUMLAH

15

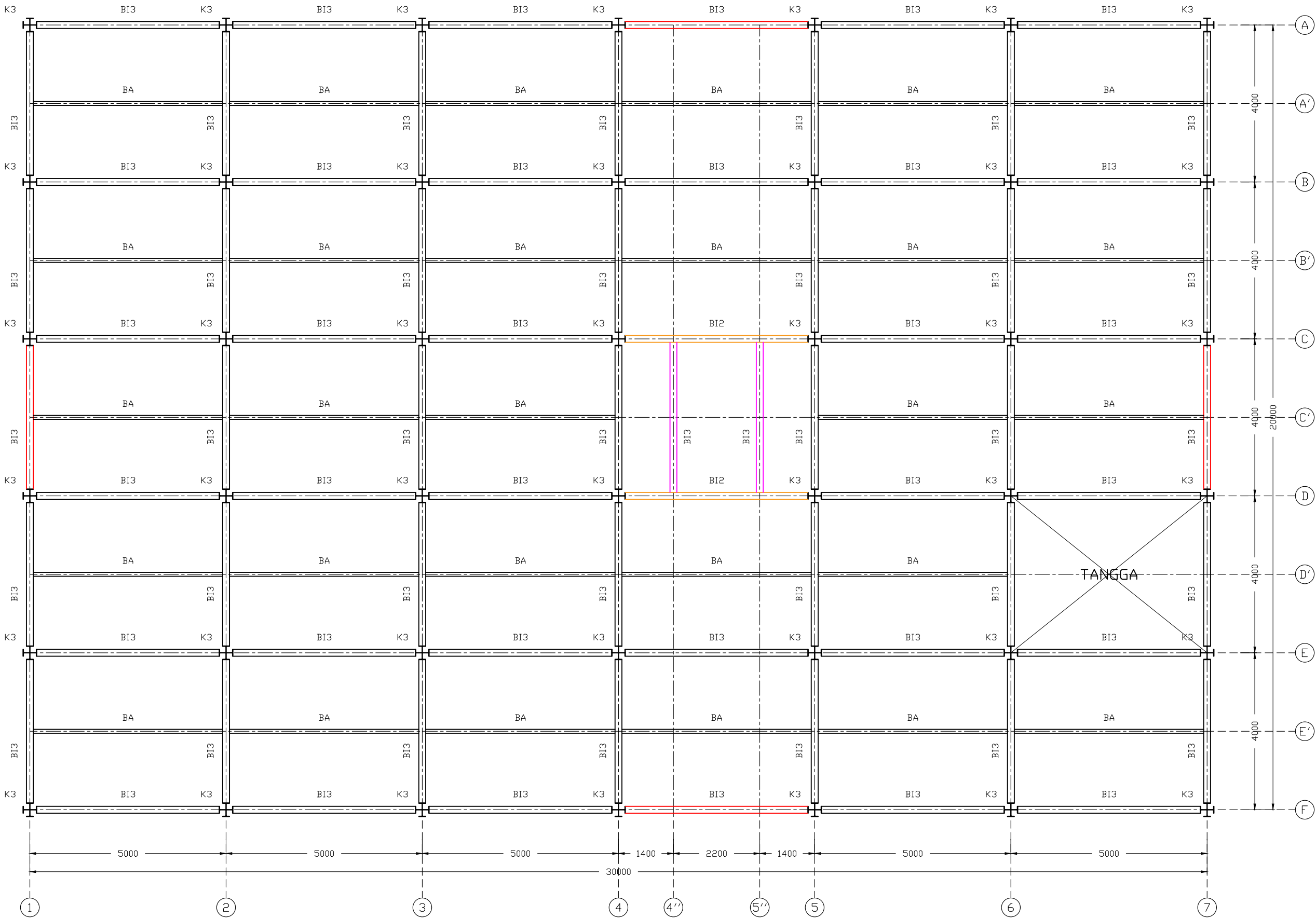
- LEGENDA :
- DAERAH BRACING
  - BALOK PENUMPUN LIFT
  - BALOK PENGGANTUNG LIFT

KETERANGAN :

TIPE BALOK	PROFIL
B12	WF 250x175x7x11
B13	WF 250x175x7x11
BA	WF 200x100x4,5x7

TIPE KOLOM	PROFIL
K3	KC 350x175x7x11

MUTU BAJA BJ 37



DENAH PEMBALOKAN ATAP  
SKALA 1 : 100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek (RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN ATAP

SKALA

1 : 100

KODE

STR-5

NO.

12

JUMLAH

15

KETERANGAN :

TIPE BALOK	PROFIL
BI1	WF 300x200x8x12
BI2	WF 250x175x7x11
BI3	WF 250x175x7x11

TIPE KOLOM	PROFIL
K1	KC 500x200x10x16
K2	KC 400x200x8x13
K3	KC 350x175x7x11

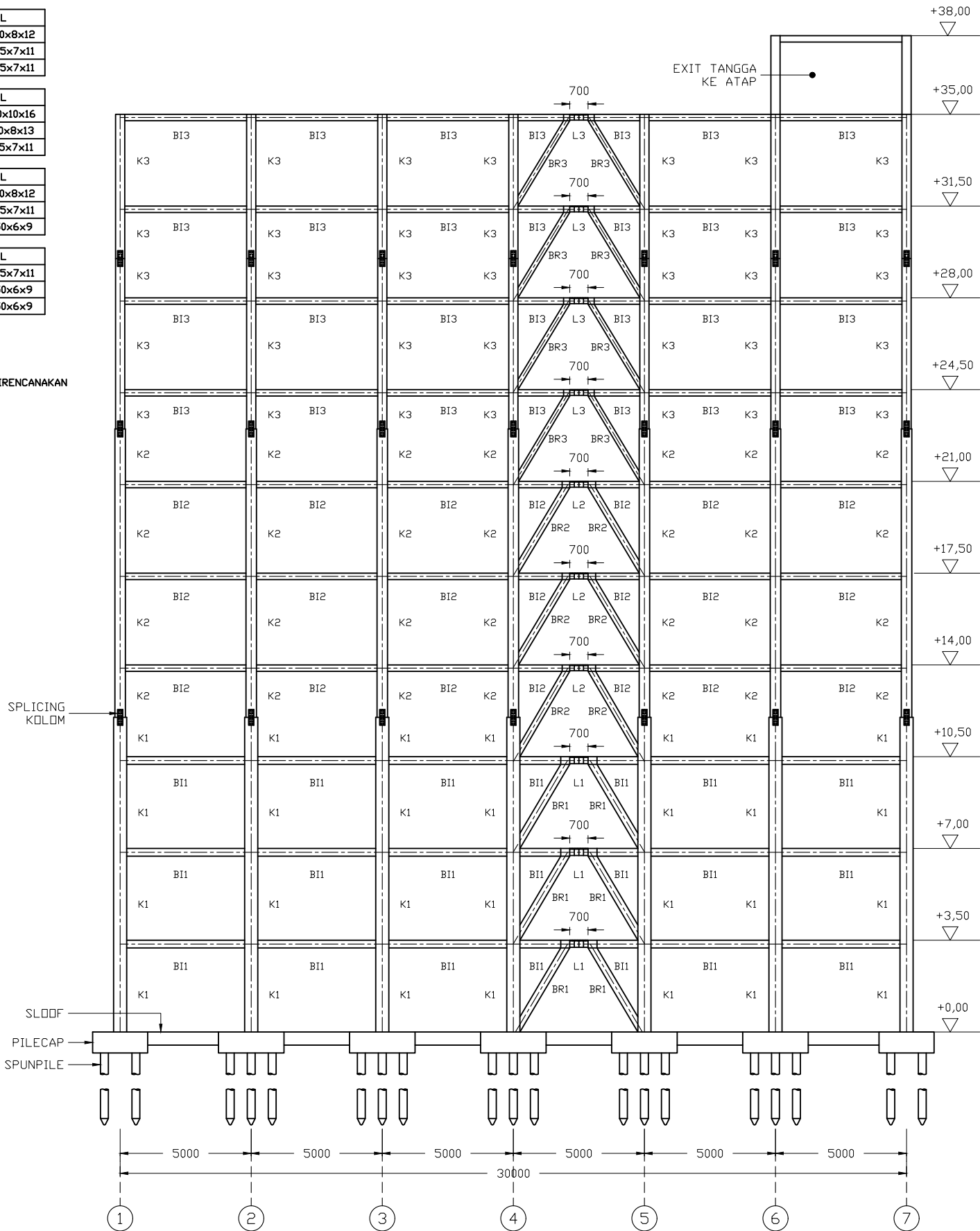
TIPE BRACING	PROFIL
BR1	WF 300x200x8x12
BR2	WF 250x175x7x11
BR3	WF 200x150x6x9

TIPE LINK	PROFIL
L1	WF 250x175x7x11
L2	WF 200x150x6x9
L3	WF 200x150x6x9

MUTU BAJA BJ 37

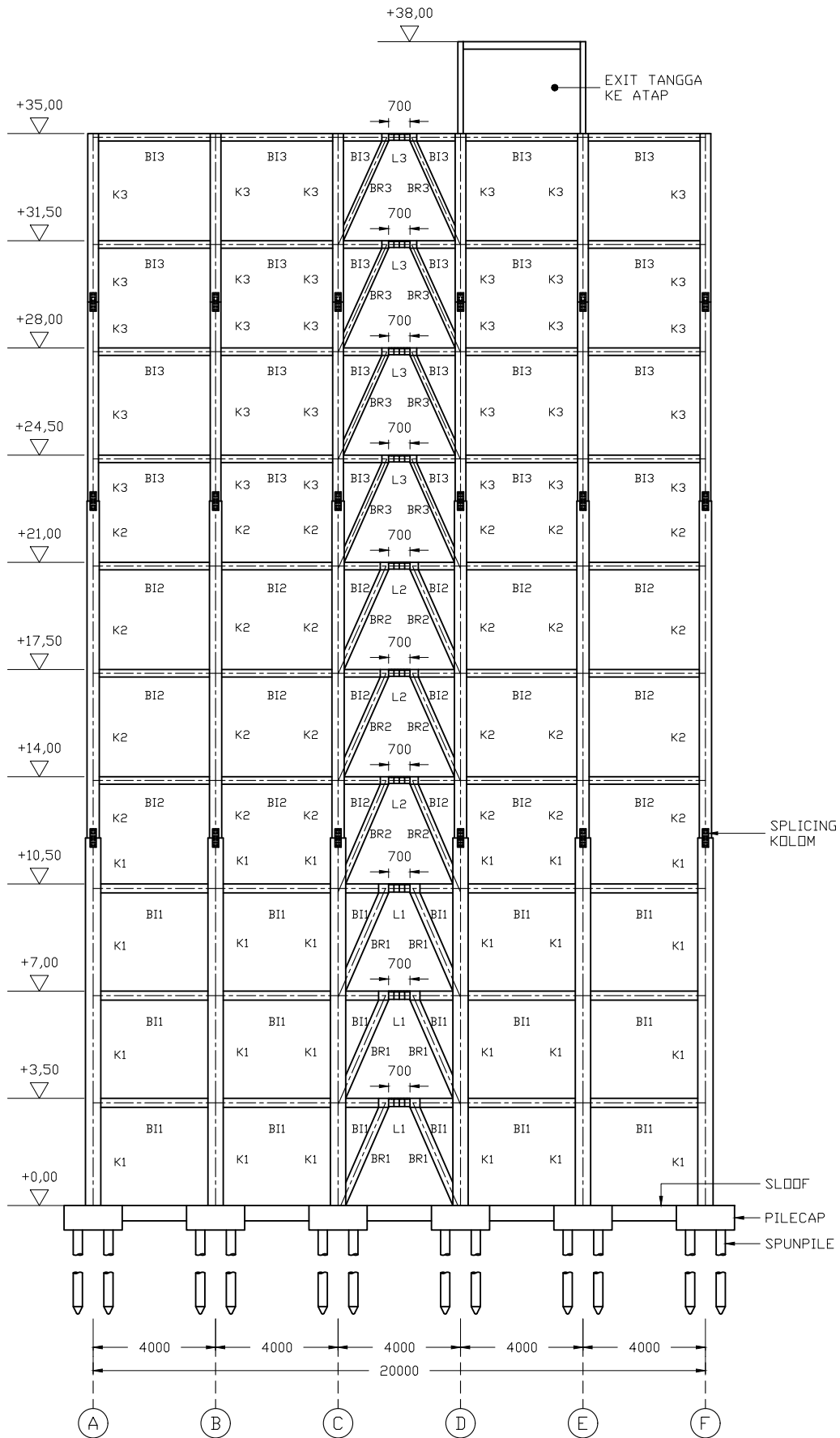
CATATAN :

■ STRUKTUR BAWAH TIDAK DIRENCANAKAN



POTONGAN AS F  
SKALA 1 : 200

ATAP  
LT. 10  
LT. 9  
LT. 8  
LT. 7  
LT. 6  
LT. 5  
LT. 3  
LT. 2  
LT. 1  
LT. DASAR



POTONGAN AS 1  
SKALA 1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek (RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural  
dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

- POTONGAN AS F
- POTONGAN AS 1

SKALA

1 : 200

KODE

STR-6

NO.

13

JUMLAH

15





TYPE BALOK	PROFIL
BI1	WF 300x200x8x12
BA	WF 200x100x4,5x7

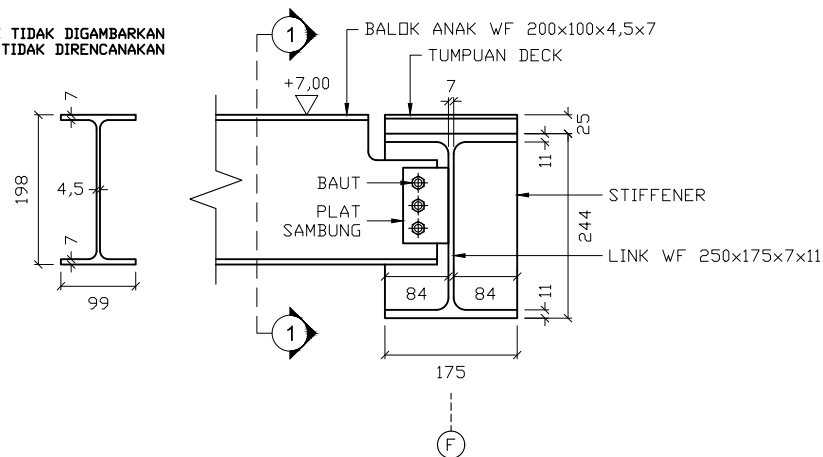
TYPE BRACING	PROFIL
BR1	WF 300x200x8x12

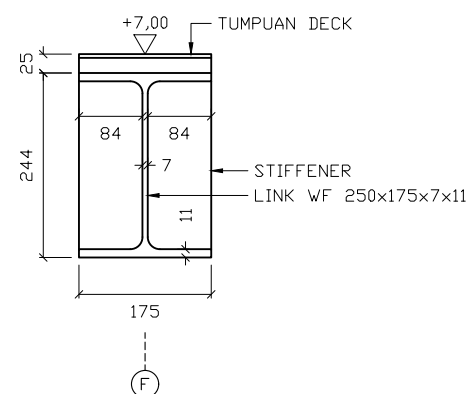
TYPE LINK	PROFIL
L1	WF 250x175x7x11

CATATAN :

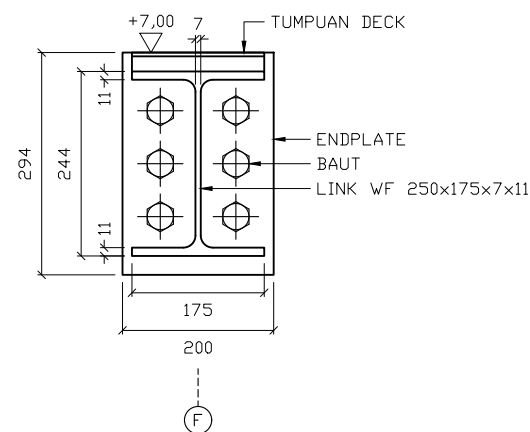
- ※ STEEL DECK TIDAK DIGAMBARAKAN  
※ SAMBUNGAN TIDAK DIRENCANAKAN



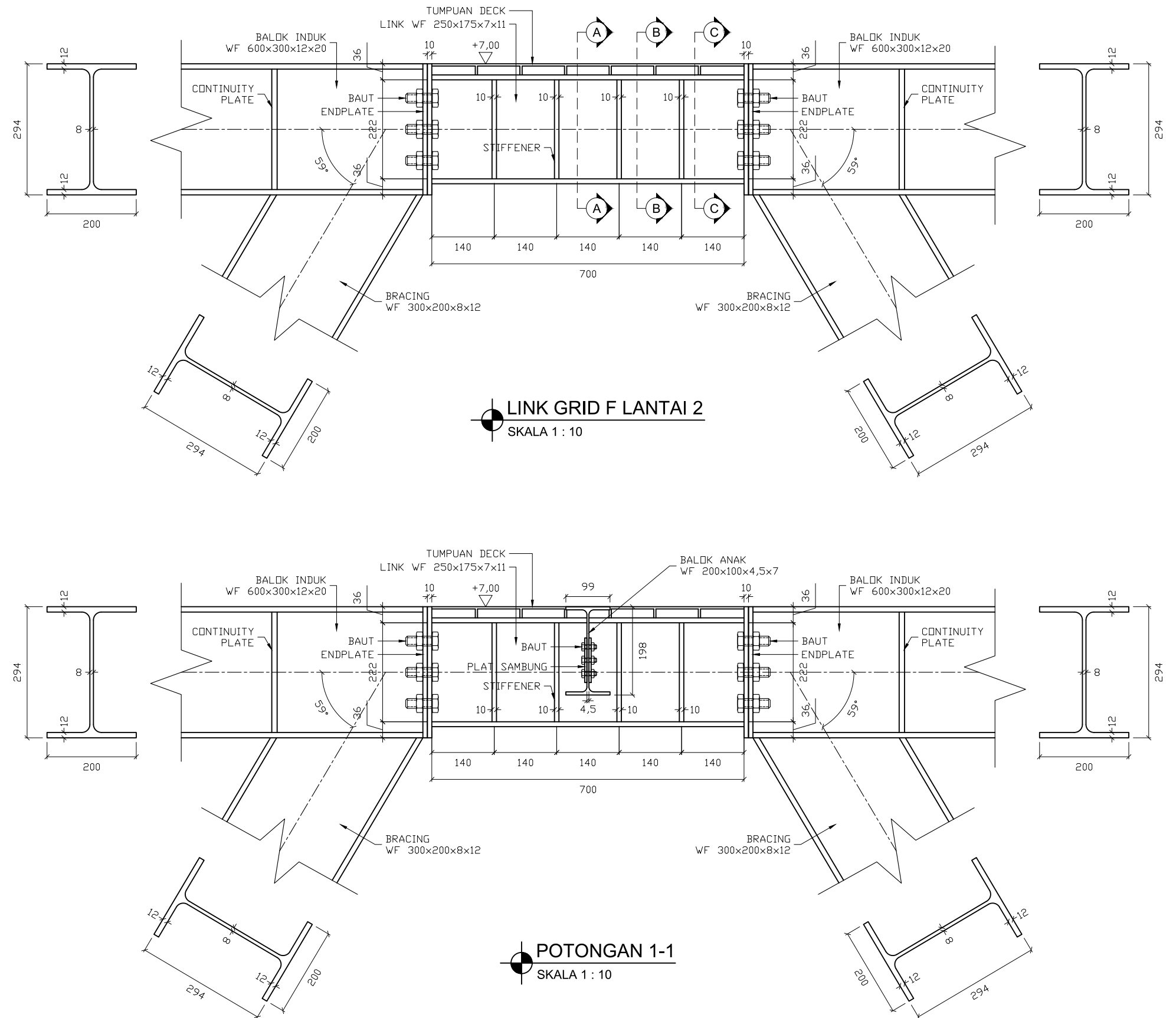
POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 10



POTONGAN B-B  
SKALA 1 : 10



POTONGAN C-C  
SKALA 1 : 10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Tugas Pengganti Kerja Praktek ( RC18-4802)

Pemodelan Gedung Perkantoran 10 Lantai Baja Struktural dengan Sistem Pengaku *Eccentrically Braced Frame*

Dosen Pembimbing :

Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D

Michael Anthony Vansen  
03111740000039

Jeffrey Adi Dharmawan  
03111740000047

GAMBAR

- LINK GRID F LANTAI 2
- POTONGAN A-A
- POTONGAN B-B
- POTONGAN C-C
- POTONGAN 1-1

SKALA

KODE

NO.

Jumlah

1 : 10

STD 9

15

15